

УДК 631.4

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ПОЧВ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ЮГЕ СТЕПНОЙ И В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНАХ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ И ПРИ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ¹

© 2019 г. Е.И. Панкова*, И.Н. Горохова*, М.В. Конюшкова**,
И.Н. Любимова*, Г.С. Базыкина*

**Почвенный институт им. В.В. Докучаева*

Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: g-irina@rambler.ru

***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

Поступила в редакцию 25.03.2019. После доработки 18.04.2019. Принята к публикации 08.05.2019.

В работе использованы материалы литературного обзора и собственных исследований, рассматриваются вопросы трансформации солонцов и солонцеватых почв в природных условиях и при антропогенном воздействии.

В первом разделе статьи приведены общие сведения о распространении и площадях почв солонцовых комплексов на территории России. Подчеркнуто, что данные о площадях распространения этих почв получены в основном в XX веке и в настоящее время нуждаются в уточнении (авторы раздела – Е.И. Панкова, И.Н. Любимова).

Второй раздел статьи посвящен проблеме генезиса и неоднородности почвенного покрова на юге степной и в полупустынной природных зонах. Показано, что комплексность почвенного покрова не всегда связана с современным микрорельефом. Этот факт был установлен ранее, но до настоящего времени не получил однозначного объяснения (автор раздела – М.В. Конюшкова).

В работе подробно анализируется влияние разных типов антропогенного воздействия на свойства почв солонцовых комплексов. Большое внимание уделено проблеме изменения солонцовых почв в условиях богарной пашни (автор третьего раздела – И.Н. Любимова). В результате обобщения литературных и авторских материалов установлено, что строение пахотных солонцовых почв после глубокой мелиоративной вспашки меняется в зависимости от трансформации профиля в результате распашки и длительности использования. Мелиорированный слой солонцовых почв приобретает рыхлое полиморфное сложение, а солонцовый процесс в этих почвах не проявляется. Если солонцовый горизонт в богарных почвах сохранился, то профиль солонцовых почв меняется незначительно.

В условиях лесомелиорации (автор четвертого раздела – Г.И. Базыкина) выявлено, что в первые годы функционирования лесных полос и в результате снегозадержания наблюдается глубокое промачивание почв и их прогрессивное рассоление и рассолонцевание. В междолевых пространствах улучшается влагообеспеченность возделываемых культур. При увеличении возраста лесных полос корневые системы деревьев перехватывают почвенную влагу, ухудшается влагообеспеченность сельскохозяйственных культур и промывка почв прекращается. В этот период предлагается использовать междолевые пространства под культурные сенокосы.

Использование солонцовых территорий под орошение (автор пятого раздела – И.Н. Горохова) вызывает глубокое изменение свойств почв. В результате планировки и

¹ Работа выполнена по теме НИР Почвенного института имени В.В. Докучаева (Госзадание № 0591-2019-0023) «Изучить влияние природных условий и особенностей землепользования на почвенный покров, в том числе с участием засоленных, солонцовых и слитизированных почв, и разработать технологию оценки интенсивности эксплуатации почв сельскохозяйственных угодий».

дополнительного увлажнения создаются новые агропочвы. На первом этапе орошения – при подъеме грунтовых вод – идет активное вторичное засоление; при снижении уровня грунтовых вод до 4-5 м наблюдается рассоление и усиливается окарбоначивание поверхностных горизонтов.

В заключительной части статьи (автор раздела – Е.И. Панкова) акцентируется внимание на решенных и нерешенных проблемах, связанных с эволюцией почв солонцовых комплексов в условиях разного антропогенного воздействия, даны основные выводы по динамике почвенных процессов в солонцовых комплексах в современных условиях.

Ключевые слова: солонцы, солонцеватые почвы, засоленные почвы, богарная пашня, орошение, лесомелиорация.

DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10032

Цели работы. На юге Европейской России в полупустынной и на юге степной природных зон обширные территории занимают солонцовые комплексы, состоящие из солонцов, солонцеватых и реже несолонцеватых почв. Процент участия солонцов в солонцовых комплексах может варьировать от 10 до 80%. Несмотря на длительную историю изучения солонцовых территорий, многие вопросы остаются нерешенными, в том числе: 1) вопросы оценки площадей солонцовых территорий, 2) проблема генезиса структуры почвенного покрова солонцовых комплексов в разных регионах России и зарубежных странах, 3) выявление трендов развития солонцовых территорий в природных условиях, 4) выявление роли антропогенного фактора в развитии почв солонцовых комплексов при сухих мелиорациях (распашке территорий), в условиях лесомелиорации, а также в условиях орошения.

Несомненный интерес представляет опыт исследования солонцовых территорий в таких зарубежных странах, как Канада, Австралия, Венгрия, Аргентина и другие. В данной статье обобщаются имеющиеся сведения о площадях и особенностях почв солонцовых комплексов и трансформации почв при разном антропогенном воздействии на богарной пашне, в условиях лесомелиорации, при орошении и в постмелиоративный период.

1. Общие сведения о географии и площадях распространения почв солонцовых комплексов на территории России

Солонцы и солонцеватые почвы занимают значительные территории и встречаются на всех континентах мира, занимая площадь более 558 млн. га. Наибольшее их количество сосредоточено в Австралии, Аргентине, Казахстане и России (Саболич, 1980). В России солонцами и солонцеватыми почвами занято 22.9 млн. га сельскохозяйственных угодий (Национальный доклад, 2018). Встречаются они в лесостепной, на юге степной и в полупустынной зонах. Среди российских регионов наибольшее количество солонцовых земель находится в Поволжье и Западной Сибири.

Наиболее активно изучение и освоение солонцовых почв велось в СССР, Канаде, Венгрии, США. В этих же странах разрабатывались способы мелиорации солонцовых почв, методы диагностики солонцеватости, изучалось разнообразие солонцовых почв, их генезис. Из известных ученых, занимавшихся почвами солонцовых комплексов, можно назвать К.К. Гедройца, В.А. Ковду, И.И. Антипова-Каратаева, В.И. Кирюшина, Н.П. Панова, А.В. Новикову, L. Abracham, K. Darab, I. Szabolcs, R.R. Cairns и целый ряд других исследователей. В США и Венгрии на высоком уровне проводились работы по моделированию процессов осолонцевания почв. В СССР изучалось разнообразие солонцов и солонцеватых почв, методы их диагностики, мелиорации с учетом региональных особенностей этих почв.

Начиная с 60-х и до конца 90-х годов в СССР проводились широкомасштабные

исследования по разработке, испытанию и оценке новых технологических приемов и эффективности мелиорации на солонцовых землях Казахстана, России (ЦЧО, Поволжье, Северный Кавказ, Южный Урал, Западная Сибирь и Алтайский Край), Украины, Молдавии, Армении. Опыты по улучшению солонцовых почв проводились в Венгрии, Канаде, Румынии, США, Австралии, Израиле, Индии, Югославии, Аргентине и ряде других стран (Антипов-Каратаев, 1953; Панов и др., 1967; Большаков, 1973, 1975; Кухтеева, Ярмизин, 1974; Санду, 1974; Кирюшин, 1976; Ульданов, 1978; Елецкий, 1981; Бабушкин, 1980; Беликова, 1980, 1982; Новикова и др., 1980; Еськов, 1982, 1986; Доценко, Никулина, 1985; Семендяева, 1985; Панов, Петров, 1987; Дегтярева, 1992; Березин, 1993; Новикова, 1999; Cairns, Hermans, 1978; Cairns, Bowser, 1980; Lavago, Cairns, 1980; Krogman, MacKay, 1980; Alzubaidi, Webster, 1982; Szabolcs, 1994; Mathison et al., 2002; Curtin, 2002; Ashworth et al., 1999).

К началу 90-х годов XX века значительная часть распаханых солонцовых территорий России была мелиорирована. За рубежом активного освоения солонцовых территорий не проводилось. Там развивались исследования, направленные на диагностику вторичного осолонцевания орошаемых почв, на борьбу с этим явлением, а также моделирование этих процессов (Darab, Csillag, 1986; Bennett et al., 2000; Toth, Jozefaiuk, 2002).

В России почвы солонцовых комплексов расположены преимущественно на юге степной и в полупустынной природных зонах, на юго-востоке Европейской России и на юге Азиатской России (рис. 1). Почвенный покров южной части степной природной зоны в основном представлен темно-каштановыми и каштановыми почвами, полупустынной – светло-каштановыми и бурыми полупустынными (бурими аридными), которые обычно образуют комплексы с солонцами (Добровольский, Урусевская, 2004; рис. 1).

Согласно точке зрения, широко принятой в мире, солонцовые почвы относятся к категории засоленных почв (salt-affected soils), которые, в свою очередь, делятся на две подгруппы: 1) засоленные без морфологически выраженного структурно-столбчатого горизонта (saline soils), 2) засоленные (засоленно-солонцовые) со структурно-солонцовым горизонтом (sodic soils). Засоленно-солонцовые почвы отличаются от засоленных тем, что помимо токсичных солей, понижающих их плодородие, обладают плохими водно-физическими свойствами, осложняющими их мелиорацию и использование (Моделирование процессов ..., 1980; Szabolcs, 1989; Панов, 2008).

Как было отмечено выше, почвы солонцовых комплексов широко распространены в разных странах мира. Общая сводка по площадям распространения солонцовых почв в мире приведена в книге «Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв» (1980). На территории России почвы солонцовых комплексов имеют широкое распространение (Димо, Келлер, 1907; Антипов-Каратаев, 1953; Розов, Булгаков, 1982; Панкова и др., 2008).

В пределах бывшего Советского Союза почвы солонцовых комплексов занимают более 100 млн. га. (Панов, 2008). По данным, приведенным в книге «Засоленные почвы России» (2006), а также в публикации Е.И. Панковой и А.Ф. Новиковой (2002), засоленные почвы, включая почвы солонцовых комплексов, которые господствуют среди засоленных почв России, составляют около 54 млн. га. По данным Н.Н. Розова и Д.С. Булгакова (1982), площадь почв солонцовых комплексов на территории России составляет около 30 млн. га. Нам эта цифра представляется несколько заниженной. По подсчетам, выполненным на основе компьютерных технологий по оцифрованной Карте засоления почв России (2003), площадь почв солонцовых комплексов, засоленных в пределах первого или второго метров почвенного профиля, только на территории Европейской России составляет 25.3 млн. га (Хитров и др., 2009). По материалам, приведенным в книге «Почвенные ресурсы России» (2010), площадь солонцов и солонцовых комплексов, включая солончаки, в пределах степной и сухостепной зон составляет 21.5 млн. га. При этом не указана площадь солонцовых

комплексов в зоне полупустынь (табл. 1). Хотя известно, что и в зоне полупустынь солонцовые комплексы занимают достаточно большие площади. Приведенные выше материалы свидетельствуют о том, что площади распространения почв солонцовых комплексов на территории России нуждаются в уточнении.

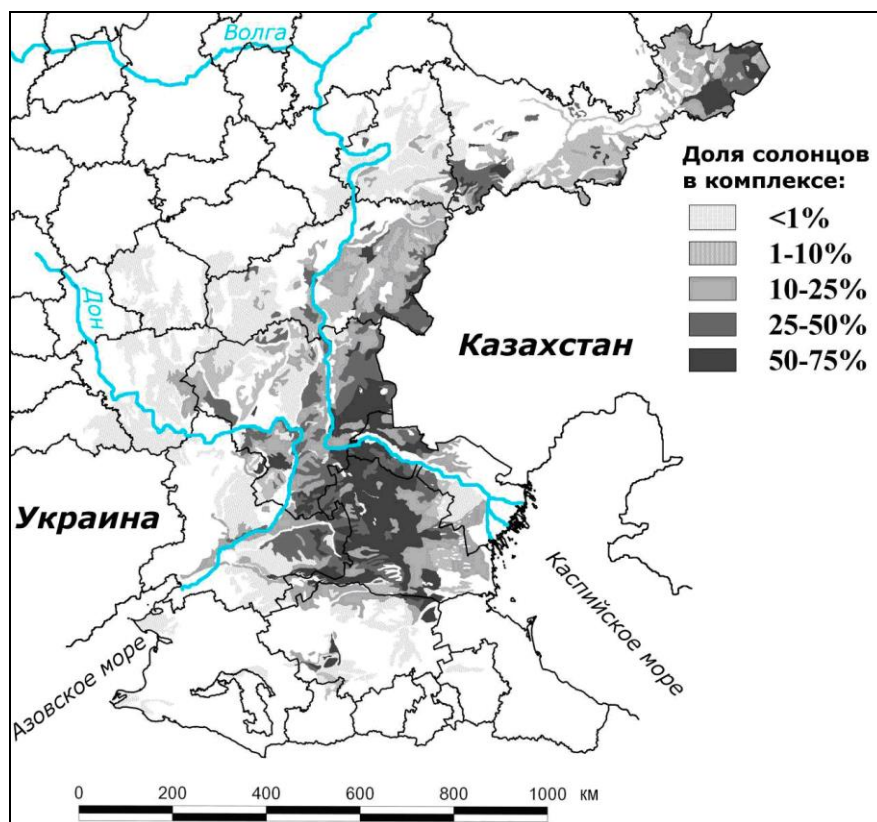


Рис. 1. Карта распространения солонцов в пределах европейской части России, масштаб 1:2500000 (фрагмент карты засоления почв России (2003)). **Fig. 2.** Map of solonchaks distribution within the European part of Russia, scale 1:2500000 (fragment of the Soil Salinity Map of Russia (2003)).

В настоящее время можно констатировать, что регионы распространения солонцовых комплексов господствуют на юге Европейской части России – в Поволжье и Калмыкии. Широко развиты они в Предкавказье, на Южном Урале и в Западной Сибири. Локальное распространение имеют в Восточной Сибири (Карта засоления почв России, 2003; Засоленные почвы России, 2006). Именно в южных регионах России, где широко распространены солонцовые комплексы, расположена основная часть сельскохозяйственных угодий страны. Наиболее подробная информация о площадях распространения почв солонцовых комплексов на землях сельскохозяйственных угодий России содержится в работе «Качественная характеристика и культуртехническое состояние земель Российской Федерации» на 1 января 1996 года. К сожалению, более новой информации на сегодня не существует. Площадь почв солонцовых комплексов, согласно указанной публикации, на землях сельскохозяйственного использования России составляла 22938.7 тыс. га (22.9 млн. га), что соответствует 12.5% от площади сельскохозяйственных угодий (табл. 2). В настоящее время эта цифра также нуждается в уточнении, так как площади сельскохозяйственных угодий в России в последние 20 лет сильно изменились (Почвенные ресурсы России, 2010; Национальный доклад, 2018).

Таблица 1. Распределение земельных угодий по отдельным природным зонам России. **Table 1.** Distribution of land for separate natural zones of Russia.

Природная зона	Площадь зоны		Структура почвенного покрова		Облесенность, % от территории зоны	Сельскохозяйственные угодья, % от территории зоны		
	млн. га	% от территории РФ	Преобладающие типы почв	Площадь, млн. га		всего	пашня и многолетние насаждения	кормовые угодья
Полярно-тундровая	197.8	11.6	Арктические и полярно-пустынные Тундрово-глеевые и тундрово-иллювиально-гумусовые Болотные	2.5 132.5 17.5	—	—	—	—
Лесотундрово-северотаяжная	233.6	13.7	Глееподзолистые и подзолы иллювиально-гумусовые Глемерзлотно-таежные Болотные	119.0 82.5 22.5	37.7	0.03	—	—
Среднетаежная	222.8	13.0	Подзолистые Мерзлотно-таежные Болотно-подзолистые Болотные	91.0 80.5 21.0 20.5	76.4	0.5	—	—
Южнотаяжная	245.4	14.3	Дерново-подзолистые Буро-таежные Бурые лесные Болотно-подзолистые Болотные	157.5 27.0 10.5 18.0 24.0	57.6	17.3	10.4	6.9

Продолжение таблицы 1.

Природная зона	Площадь зоны		Структура почвенного покрова		Облесенность, % от территории зоны	Сельскохозяйственные угодья, % от территории зоны		
	млн. га	% от территории РФ	Преобладающие типы почв	Площадь, млн. га		всего	пашня и многолетние насаждения	кормовые угодья
Лесостепная	127.7	7.5	Серые лесные Черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные Лугово-черноземные Болотные	41.0 45.0 13.5 5.0	27.5	57.2	40.6	16.6
Степная	79.9	4.7	Черноземы обыкновенные и южные Лугово-черноземные Солонцы и солонцовые комплексы Болотные	52.0 11.5 11.0 3.5	—	73.3	47.3	26.0
Юг степной зоны (Сухостепная)	22.2	1.3	Темно-каштановые и каштановые Солонцы и солонцовые комплексы, солончаки	11.0 10.5	—	85.5	51.8	33.7
Полупустынная	14.7	0.9	Светло-каштановые и бурые полупустынные	14.5	—	75.9	13.5	62.4
Горные территории с вертикальной зональностью почвенно-растительного покрова	565.7	33.0	Горные почвы	—	62.7	7.6	1.5	6.1

Таблица 2. Распространение почв солонцовых комплексов в пределах сельскохозяйственных угодий в России (Качественная характеристика ..., 1996). **Table 2.** The distribution of soil solonetzic complexes within agricultural land (Качественная характеристика ..., 1996).

Административные единицы	Площадь с/х угодий**	Обследованная площадь с/х угодий	Площадь почв солонцовых комплексов		Процент участия солонцов в солонцовых комплексах					
					<20%		20-50%		>50%	
	тыс. га		тыс. га	% от обследованных с/х угодий	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса
Северный район*:	2259	2171.7	0.0	–	0.0	–	0	–	0	–
Архангельская обл. (Архангельск)	551.4	545	0.0	–	0.0	–	0	–	0	–
Центрально-Черноземный район:	11664.5	11664.5	339.6	2.9	204.2	60.1	108.6	32.0	26.8	7.9
Белгородская обл. (Белгород)	1827.8	1827.8	44.3	2.4	35.4	79.9	7.4	16.7	1.5	3.4
Воронежская обл. (Воронеж)	3594.5	3594.5	273.1	7.6	163.1	59.7	88	32.2	22	8.1
Курская обл. (Курск)	2105.2	2105.2	1.40	0.1	0.0	–	1.4	100.0	0	–
Липецкая обл. (Липецк)	1731.5	1731.5	9.1	0.5	2.2	24.2	6	65.9	0.9	9.9
Тамбовская обл. (Тамбов)	2405.5	2405.5	12.7	0.5	4.5	35.4	5.8	45.7	2.4	18.9
Поволжский район:	35908.5	35885.8	9719.6	27.1	3120.3	32.1	2834.5	29.2	3764.8	38.7
Астраханская обл. (Астрахань)	2357	2353.8	679.7	28.8	237.6	35.0	205.1	30.2	237	34.9
Волгоградская обл. (Волгоград)	7971.4	7971.4	3273	41.1	1144.1	35.0	1218.5	37.2	910.4	27.8
Самарская обл. (Самара)	3359.7	3353.8	149.4	4.4	61.6	41.2	31.8	21.3	56	37.5

Продолжение таблицы 2.

Административные единицы	Площадь с/х угодий**	Обследованная площадь с/х угодий	Площадь почв солонцовых комплексов		Процент участия солонцов в солонцовых комплексах					
					<20%		20-50%		>50%	
	тыс. га		тыс. га	% от обследованных с/х угодий	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса
Пензенская обл. (Пенза)	2739.2	2737.4	20.6	0.8	4.4	21.4	3.2	15.5	13	63.1
Саратовская обл. (Саратов)	7877	7877	1233	15.7	467.1	37.9	411.1	33.3	354.8	28.8
Ульяновская обл. (Ульяновск)	2109.8	2109.8	18.5	0.9	13.4	72.4	4.6	24.9	0.5	2.7
Республика Калмыкия (Элиста)	5421.4	5418	4342.2	80.1	1187.7	27.4	961.4	22.1	2193.1	50.5
Республика Татарстан (Казань)	4073	4064.6	3.2	0.1	3.2	100.0	0	—	0	—
Северо-Кавказский район:	22079.4	21840.4**	2575.6	11.7	1058.2	41.1	975.5	37.9	542.3	21.1
Краснодарский край (Краснодар)	4209.8	4209.8	73.9	1.8	44.5	60.2	17.7	24.0	11.7	15.8
Республика Адыгея (Майкоп)	280.4	275.3	5.1	1.8	0.2	3.9	4.2	82.4	0.7	13.7
Ставропольский край (Ставрополь)	5382	5382	769.5	14.3	339.4	44.1	213.9	27.8	216.2	28.1
Карачаево-Черкесская Республика (Черкесск)	510	509.8	14	2.7	13.9	99.3	0.1	0.7	0	—

Продолжение таблицы 2.

Административные единицы	Площадь с/х угодий**	Обследованная площадь с/х угодий	Площадь почв солонцовых комплексов		Процент участия солонцов в солонцовых комплексах					
					<20%		20-50%		>50%	
	тыс. га		тыс. га	% от обследованных с/х угодий	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса
Ростовская обл. (Ростов-на-Дону)	7771.1	7771.1	1632.1	21.0	639.0	39.2	708.3	43.4	284.8	17.4
Республика Дагестан (Махачкала)	2804.9	2746.4	81	2.9	21.2	26.2	30.9	38.1	28.9	35.7
Кабардино-Балкарская Республика (Нальчик)	639	638.5	0	–	0.0	–	0	–	0	–
Республика Северная Осетия (Владикавказ)	311.9	307.5	0	–	0.0	–	0	–	0	–
Чеченская и Ингушская Республики***	170.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Уральский район:	29524.5	29270.2	3721	12.6	1178.5	31.7	738.7	19.9	1803.8	48.5
Курганская обл. (Курган)	3894.2	3894.2	1128.6	29.0	194.6	17.2	97.5	8.6	836.5	74.1
Оренбургская обл. (Оренбург)	9986	9986	1659.1	16.6	662.2	39.9	465.7	28.1	531.2	32.0
Свердловская обл. (Екатеринбург)	1973.2	1691.3	8.4	0.4	0.0	0.0	0.9	10.7	7.5	89.3
Челябинская обл. (Челябинск)	3882.2	3760.2	894.1	23.0	309.4	34.6	171.6	19.2	413.1	46.2

Продолжение таблицы 2.

Административные единицы	Площадь с/х угодий**	Обследованная площадь с/х угодий	Площадь почв солонцовых комплексов		Процент участия солонцов в солонцовых комплексах					
					<20%		20-50%		>50%	
	тыс. га		тыс. га	% от обследованных с/х угодий	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса
Республика Башкортостан (Уфа)	5994.4	5994.4	30.8	0.5	12.3	39.9	3	9.7	15.5	50.3
Западно-Сибирский район:	29754.2	29243.8	6396.3	21.5	2368.5	37.0	891.4	13.9	3136.4	49.0
Алтайский край (Барнаул).	9089.4	9082.4	807.2	8.9	367.6	45.5	145.3	18.0	294.3	36.5
Республика Алтай (Горно-Алтайск)	1267.3	1079.4	0.0	—	0.0	—	0	—	0	—
Кемеровская обл. (Кемерово)	1994.6	1968.4	63.4	3.2	56.7	89.4	1.1	1.7	5.6	8.8
Новосибирская обл. (Новосибирск)	7285.6	7284.5	3013.1	41.4	1385.7	46.0	108.9	3.6	1518.5	50.4
Омская обл. (Омск)	5924.8	5924.8	1948.5	32.9	313.4	16.1	582.7	29.9	1052.4	54.0
Тюменская обл. (Тюмень)	2900.6	2900.6	564.1	19.4	255.1	45.2	43.4	7.7	265.6	47.1
Восточно-Сибирский район:	18231.5	17973.6	178.2	1.0	69.6	39.1	54.2	30.4	54.4	30.5
Красноярский край (Красноярск)	4243.7	4193.6	27.4	0.6	4.4	16.1	17.1	62.4	5.9	21.5
Республика Хакасия (Абакан)	1421.5	1421.5	59.6	4.2	6.1	10.2	15.8	26.5	37.7	63.3

Продолжение таблицы 2.

Административные единицы	Площадь с/х угодий**	Обследованная площадь с/х угодий	Площадь почв солонцовых комплексов		Процент участия солонцов в солонцовых комплексах					
					<20%		20-50%		>50%	
	тыс. га		тыс. га	% от обследованных с/х угодий	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса	тыс. га	% от площади комплекса
Иркутская обл. (Иркутск)	1438.8	1370	0.8	0.1	0.0		0.8	100.0	0	
Усть-Ордынский Бурятск.АО	722	716.4	1.8	0.2	0.0		1.8	100.0	0	
Читинская обл. (Чита)	5163.4	5163.4	59.9	1.2	53.6	89.5	3.9	6.5	2.4	4.0
Респ. Бурятия (Улан-Удэ)	2169.9	2040.5	23.1	1.1	0.0	0.0	14.8	64.1	8.3	35.9
Республика Тува (Кызыл)	3068.2	3068.2	5.6	0.2	5.5	98.8	0		0.1	1.8
Дальневосточный район:	5302.9	5125.2	8.4	0.2	4.1	48.8	3.4	40.5	0.9	10.7
Респ. Саха (Якутия) (Якутск)	1165	1077.3	8.4	0.7	4.1	48.8	3.4	40.5	0.9	10.7
Россия	183416.3	181860.4***	22938.7	12.5	8012.6	34.9	5596.7	24.4	9329.4	40.7
Нечерноземье	36718.5	36492.5	8.4	0.0	0.0	0.0	0.9	10.7	7.5	89.3

Примечания к таблице 2: * – площадь с/х угодий и обследованных с/х угодий экономических районов даны с учетом всех входящих в районы областей, краев и республик; ** – не включены данные по Чеченской и Ингушской Республикам; *** – по Чеченской и Ингушской Республикам нет данных по качественной характеристике с/х земель и обследованной площади с/х угодий. В каждом экономическом районе перечислены только те административные единицы, которые характеризуются наличием засоленных и солонцовых почв.

Наиболее широко солонцовые комплексы в пределах сельскохозяйственных угодий распространены в Волгоградской, Новосибирской, Омской, Курганской областях. Максимальное развитие почв солонцовых комплексов имеют в Калмыкии, где их площадь достигает 80%. Очевидно, что для получения более точной информации о площадях распространения почв солонцовых комплексов на землях сельхозугодий, так же как и сведений о площадях солонцовых комплексов в пределах всего земельного фонда России, требуются новые исследования, основанные на современных методах цифрового картографирования и использовании новых материалов космической съемки (Габченко (Конюшкова), 2008; Konyushkova, 2010).

Проблеме географии, генезиса и мелиорации почв солонцовых комплексов посвящено большое количество фундаментальных исследований, выполненных в XX веке, начиная с классических работ К.К. Гедройца (1955), С.С. Неуструева (1910), Е.Н. Ивановой (1939), В.А. Ковды (1937), И.Н. Антипова-Каратаева (1953), А.А. Роде, Н.М. Польского (1961), К.П. Пака (1953), В.И. Кирюшина (1976), Н.И. Панова (2008), А.В. Новиковой (1999) и др.

Несмотря на длительную историю изучения почв солонцовых комплексов, многие вопросы генезиса, географии и мелиорации этих почв остаются нерешенными. К числу таких вопросов относятся, прежде всего, коренной вопрос о причинах формирования комплексного почвенного покрова, о природных трендах развития почв солонцовых комплексов и определяющих их причинах, о трендах развития почв солонцовых комплексов, связанных с такими антропогенным воздействием на почвы, как распашка, лесомелиорация, орошение, перевыпас. Слабо изучены и процессы, протекающие на почвах солонцовых комплексов в залежных условиях. В настоящее время в мире широко обсуждается вопрос о влиянии опустынивания на свойства почв солонцовых комплексов. Все эти вопросы были предметом исследований многих ученых XX и начала XXI веков, но пока их нельзя считать решенными.

Ниже приведен краткий обзор литературы и материалы собственных исследований по главным, перечисленным выше вопросам. Основное внимание будет уделено вопросам, которые исследовались сотрудниками Почвенного института имени В.В. Докучаева.

2. Структура почвенного покрова солонцовых комплексов полупустынной и южной части степной природных зон

Вопросы формирования комплексного почвенного покрова в Прикаспийской низменности вызвали интерес многих исследователей на протяжении более 100-летней истории глубокого изучения этой территории (Богдан, 1900; Иозефович, 1928; Большаков, Боровский, 1937; Усов, 1940; Большаков, 1950; Мозесон, 1952; Роде, 1953; Иванова, Фридланд, 1954; Труды Прикаспийской экспедиции ..., 1958; Роде, Польский, 1961; Абатуров, Зубкова, 1972; Доскач, 1979; Абатуров, 1985, 2007; Хитров, 2004, 2005).

В публикации Н.П. Панова «Причины комплексности почвенного покрова аридных территорий» (2008) собран и проанализирован материал, касающийся причин развития комплексного почвенного покрова юга Европейской России. Комплексность представляет собой сочетание мелких пятен (измеряемых метрами) разных типов почв. Солонцовые комплексы – это комбинация солонцов, солонцеватых зональных и несолонцеватых почв. При этом процент участия компонентов комплекса может сильно варьировать так же, как и приуроченность солонцов к разным элементам микрорельефа.

Основной причиной образования комплексного почвенного покрова П.К. Костычев (1951) считал разную проницаемость почвообразующих пород, что определяет, по его мнению, разный вынос легкорастворимых солей из породы, а потому и разную просадку почв. Многие ученые считают, что различие в увлажнении почв солонцовых комплексов связано с исходным различием микрорельефа, определяющим разные условия увлажнения и, как следствие,

формирование различных почв. Н.А. Димо и Б.А. Келлер (1907) считали микрорельеф причиной комплексности на Ергенинской возвышенности. С.С. Неуструев (1910) считал, что комплексность сухой степи определяется бессточностью и плохой дренированностью территории. Только в этом случае микрорельеф приводит к формированию комплексного почвенного покрова. Многие ученые, в том числе А.Ф. Большаков, В.М. Боровский и И.Г. Розмахов, связывали причины комплексности почв с неравномерным исходным содержанием солей в породе или неравномерным перераспределением солей в связи с разным увлажнением элементов микрорельефа. Образование микрорельефа часто связывали с деятельностью сусликов.

И.Г. Розмахов (1940) подробно рассматривал проблему роли микрорельефа и других факторов в формировании солонцовых комплексов и констатировал, что комплексный почвенный покров начинает формироваться на первых стадиях развития низменной недренированной солончаковой равнины с близкими грунтовыми водами за счет неоднородности исходного засоления; далее в ходе эволюции ландшафта и понижения уровня грунтовых вод дифференциация почв по засолению усиливается: в западинах формируются незасоленные почвы, на повышениях – засоленные солонцы.

Б.А. Зимовец (1991) экспериментально доказал, что развитие солонцового комплекса связано с миграцией солей от лугово-каштановых почв микропонижений к солонцам-микроповышениям, что и приводит к формированию солонцовых комплексов. И.Г. Розмахов подчеркивал, что прекращение процесса перемещения солей к солонцам приводит к выполаживанию микрорельефа и трансформации солонцовых комплексов.

Блестящие работы по выявлению роли микрорельефа в перераспределении атмосферных осадков и их влияния на развитие почвенных комплексов Заволжья были выполнены А.Ф. Большаковым (1950) и А.А. Роде с М.Н. Польским (1961). Они констатировали, что комплексность почвенного покрова определяется перераспределением поверхностного весеннего стока по микрорельефу. При этом солонцы, занимающие микроповышения, получают наименьшее количество осадков ($2/3$ нормы), а лугово-каштановые почвы, приуроченные к днищу западин, получают наибольшее количество осадков (2.5 нормы), склоны же, занятые каштановыми и каштановыми солонцеватыми почвами, занимают переходное положение. Перепад высот составляет обычно 20-40 см.

Наряду с рассмотренными выше комплексами в районе Приволжской возвышенности выделяется комплексный почвенный покров, в котором солонцы занимают понижения, а на отдельных территориях комплексность почв может быть четко выражена даже при отсутствии микрорельефа (рис. 2, штриховка 3), при этом выщелоченные высокогумусированные лугово-каштановые почвы могут располагаться в разных позициях нанорельефа (амплитуда высотных отметок составляет 10-15 см), включая и повышения (Будина, 1964; Мозесон, 1956). Такие комплексы были описаны Е.Н. Ивановой (1939).

Если проанализировать, где размещаются эти контрастные комплексы без четко выраженного микрорельефа, то можно отметить, что приурочены они к высотным отметкам от приблизительно 28-30 до 50 м и характеризуются самым зрелым (раннехвалынским) возрастом на территории Волго-Уральского междуречья (Доскач, 1979; рис. 3).

Механизмы формирования контрастного почвенного комплекса с глубоко промытыми лугово-каштановыми почвами при современном отсутствии выраженного западинного микрорельефа в литературе не описаны. Причина развития контрастных комплексов в на юге степной и в полупустынной зонах юга Европейской России кроется в динамике развития микрорельефа. Повторные нивелирные съемки с периодом около 50 лет, проведенные Н.Б. Хитровым (2004, 2005) на территории Джаныбекского стационара, показали, что развитие солонцовых комплексов изменяет рельеф и почвы комплексов («обратная связь»).

Заканчивая обзор литературы по структуре почвенного покрова солонцовых территорий,

можно констатировать, что, несмотря на большое количество работ, посвященных причине формирования сложного почвенного покрова районов распространения солонцовых комплексов, эту проблему на сегодня нельзя считать решенной. Особенно сложна проблема установления трендов развития почв солонцовых комплексов в целинных условиях.

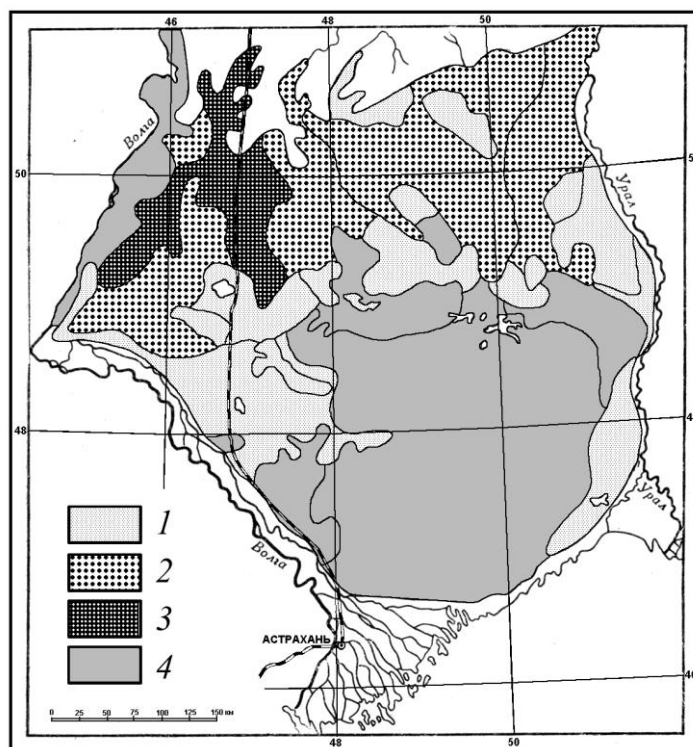


Рис. 2. Выраженность микрорельефа на территории Волго-Уральского междуречья в Прикаспийской низменности (за основу взята схема распространения типов солонцовых комплексов (Будина, 1964)). *Условные обозначения:* 1 – солонцовые комплексы, без микрорельефа и промытых лугово-каштановых почв в составе комплекса, 2 – «классические» солонцовые комплексы с микрорельефом и промытыми лугово-каштановыми почвами, 3 – солонцовые комплексы без микрорельефа, но с промытыми лугово-каштановыми почвами, 4 – некомплексный почвенный покров. **Fig. 2.** Microrelief manifestation on the territory of the Volga-Ural interfluvium in the Caspian lowland (based on the distribution scheme of solonchek complexes types (Будина, 1964)). *Legend:* 1 – solonchek complexes without microrelief and washed meadow chestnut soils in their composition, 2 – “classic” solonchek complexes with microrelief and washed meadow chestnut soils, 3 – solonchek complexes without microrelief, but with washed meadow chestnut soils, 4 – non-complex soil cover.

3. Направленность развития почвенных процессов в агрогеннопреобразованных почвах солонцовых комплексов полупустынной и южной части степной природных зон (в условиях богары)

Вовлечение солонцовых территорий в сельскохозяйственное использование, а в особенности глубокие мелиоративные обработки, коренным образом меняют профильное строение солонцов, создают иной водно-солевой и температурный режимы, приводят к созданию искусственных биотических сообществ (агроценозов).

Цель данного раздела – обобщить имеющиеся материалы по агрогенному изменению мелиорированных, распаханых богарных почв солонцовых комплексов автоморфных

территорий на юге степной и в полупустынной зонах.

Мелиорация большинства солонцов южной части степной и полупустынной природных зон проводится в неорошаемых условиях с использованием глубоких мелиоративных обработок с вовлечением в мелиоративный слой почвенного гипса и карбонатов (самомелиорация) и глубокого безотвального рыхления (Рекомендации ..., 1983).

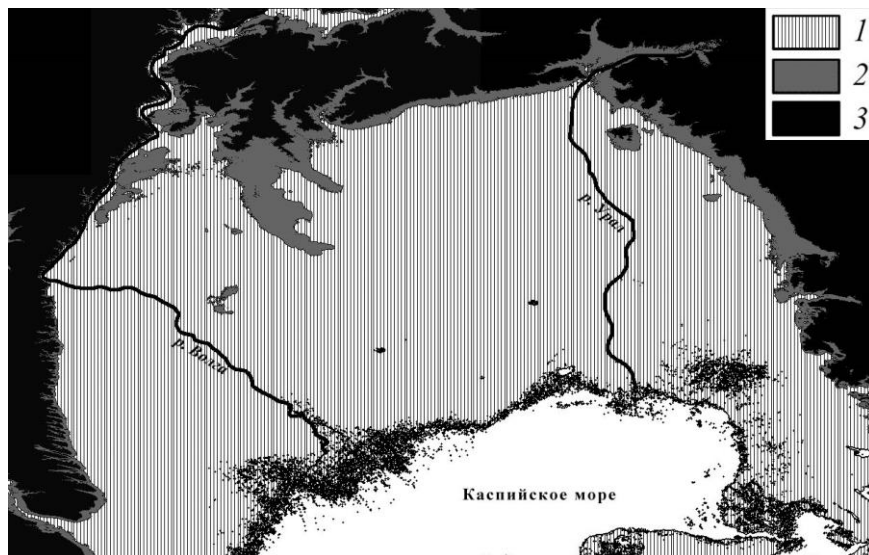


Рис. 3. Высотные отметки Прикаспийской низменности (составлено на основе цифровой модели рельефа SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org>)). Условные обозначения: 1 – -27+30 м н.у.м. БС, 2 – +30+50 м н.у.м. БС, 3 – >+50 м н.у.м. БС. **Fig. 3.** Elevations of the Caspian lowland (based on the SRTM digital topography model (<http://srtm.csi.cgiar.org>)). Legend: 1 – -27+30 m above sea level, 2 – +30+50 m above sea level, 3 – >+50 m above sea level.

В СССР и затем в России главным координатором и исполнителем работ по проблеме генезиса и мелиорации солонцов был Почвенный институт имени В.В. Докучаева. В России в разных регионах было заложено большое количество опытов по мелиорации солонцов.

Анализируя направленность изменения свойств солонцовых почв под влиянием мелиорации в условиях богары, все исследователи отмечали, что в результате мелиорации улучшается водопроницаемость, изменяется скорость впитывания поступающей влаги как на солонцах, так и на других почвах комплекса. Эти изменения имеют место как в автоморфных, так и гидроморфных солонцах (Мелиорация солонцов в СССР, 1953; Польский, 1958; Самбур, Дробот, 1958; Семенова-Забродина, Нерод, 1960; Панфилов, 1962; Антипов-Каратаев и др., 1966; Шестаков, Сувак, 1966; Вадюнина, 1970; Трубецкая, 1971; Кисляков, 1974; Базыкина, 1974, 1983; Большаков, 1974; Большаков, Ротов, 1977; Кухтеева, Ярмизин, 1974; Мясников, 1975; Тюленева, 1968; Кирюшин, 1976; Палий и др., 1979; Усолкин, 1980; Брюховецкий, Илларионов, 1982; Елизаров, 1989; Скачков, 1990; Еремченко, 1997; Дараб, 1980; Abraham, Bocskai, 1971; Abraham, 1974; Alzubaidi, Webster, 1982; Bennett et al., 2000).

Из процессов, протекающих в мелиорируемых богарных почвах солонцовых комплексов, к наиболее изученным относятся процессы рассоления-засоления и вытеснения обменного натрия из почвенного поглощающего комплекса (ППК), которые легко регистрируются по изменению количества легкорастворимых солей по профилю почв и изменению содержания обменного натрия в ППК. Результаты наблюдений за этими процессами отражены в многочисленных публикациях (Мелиорация солонцов в СССР, 1953; Большаков, 1952;

Максимюк, 1958; Дьяконова, 1962; Антипов-Каратев и др., 1966; Можейко, 1964; Рябова, 1972; Онуфриев, 1973; Цуканова, 1974; Константинов, 1975; Пак и др., 1975; Кирюшин, 1976; Новикова, 1958, 1999; Елизарова, 1978; Воропаева, 1980; Новикова, Морякова, 1980; Чапко, Солдатова, 1980; Беликова, 1982; Гаврилов и др., 1985; Сиземская и др., 1985; Абдумаликов и др., 1986; Кирюшин, Агеева, 1988; Козловский, 1991; Abraham, Bocskai, 1971; Любимова, 2002; Новикова и др., 2009, 2010, 2012; Новикова, Конюшкова, 2011, 2013).

В итоге проведенных работ было показано положительное влияние глубоких мелиоративных вспашек на вымывание легкорастворимых солей из мелиорированного слоя, а в ряде случаев и из профиля лугово-степных и степных солонцов. Было установлено, что на скорость вымывания легкорастворимых солей из мелиорированного слоя влияет мелиоративный прием, дренированность территории, свойства мелиорируемых почв (гранулометрический состав, содержание обменного натрия, исходная засоленность почв) и погодные условия. Было выяснено, что особенно интенсивно вынос солей из профиля распаханых солонцов происходил во влажные годы. При глубоких обработках почв соли вымывались на большую глубину по сравнению с отвальными вспашками. В некоторых случаях плантажная вспашка (на первых этапах освоения) приводила к выносу на поверхность малоплодородных горизонтов, содержащих в большом количестве токсичные соли, и приводила к засолению пахотного горизонта.

Было установлено, что в условиях полупустынной зоны (Джаныбекский стационар) при среднем многолетнем количестве выпадающих осадков 273 мм глубокие мелиоративные обработки без дополнительного влагонакопления приводят к вымыванию легкорастворимых солей только из мелиорируемого слоя (Большаков, 1973, 1975).

Опыт мелиорации солонцов подзоны южных степей с темно-каштановыми почвами в Кустанайской области показал, что в результате глубоких мелиоративных обработок не происходит полного вымывания солей за пределы почвенного профиля. Парование почв приводило к уменьшению содержания солей в верхнем 50-сантиметровом слое (Новикова, Морякова, 1980).

При рассолении мелиорированных солонцов в условиях богары изменяется не только степень их засоления, но и соотношение ионов в составе почвенного раствора и водной вытяжки из почв. Уменьшается количество хлорид-ионов. Часто наблюдается увеличение содержания ионов HCO_3^- в пахотных и особенно в глубоких карбонатсодержащих горизонтах (Пак и др., 1975; Дегтярева, 1980).

Наряду с изучением вертикального перемещения легкорастворимых солей по почвенному профилю исследователи изучали их перемещение между почвами комплекса. На наличие пространственного перемещения солей между почвами солонцовых комплексов в целинном состоянии обращали внимание Е.Н. Иванова (1939), Н.И. Базилевич (1965), В.В. Егоров (1967). Исследования М.Л. Сиземской (1989, 2013) показали, что при агролесомелиоративном освоении солонцов Северо-Западного Прикаспия (Джаныбекский стационар) легкорастворимые соли выносятся из мелиорированных солонцов в грунтовые воды, которые в свою очередь оттесняются из под солонцов в подзональные почвы, вызывая у последних засоление почвогрунтов.

По данным З.И. Воропаевой с соавторами (1977), при мелиорации солонцов Западной Сибири происходит оттеснение легкорастворимых солей из мелиорируемых гидроморфных солонцов в пояс приболотных почв.

Экспериментально в полевых условиях Б.А. Зимовцу (1991) удалось установить, что в почвах солонцовых комплексов Заволжья легкорастворимые соли мигрируют от каштановой почвы в сторону солонца, в солонце – от периферии к центру солонцового пятна и от лугово-каштановой – в сторону каштановой почвы. Использование термодинамических подходов позволило В.П. Калининскому и М.Б. Минкину (1991) показать, что миграция солей в

горизонтальном направлении является главной причиной дифференциации солевого режима почв сухих степей как в природных условиях, так и после их мелиорации в условиях богары.

Как известно, солонцы относятся к группе щелочных почв. Для них характерно увеличение в солонцовом горизонте величины рН водной суспензии, а также общей щелочности (Саболич, 1980). Общая щелочность, равная 0.07% при рН 8.7, угнетающе действует на развитие культурных растений, а при общей щелочности 0.1% и рН 9.5 растения погибают, поэтому сведения о состоянии щелочности и величине рН имеют большое значение для мелиорированных солонцов. Как показали исследования Е.Н. Ивановой (1939), поглощение натрия из растворов щелочных солей происходит более активно, чем из растворов нейтральных солей натрия.

При освоении почв солонцовых комплексов полупустынной и на юге степной природных зон с использованием орошения ощелачивание почв наблюдалось довольно часто (Самбур, Дробот, 1958; Семенова и др., 1960; Попов и др., 1981; Зимовец, 1991; Приходько, 1996).

Образованию щелочности в богарных условиях должного внимания не уделялось довольно долго. В то же время отмечалось увеличение щелочности при глубоких мелиоративных обработках с вовлечением карбонатов в мелиорируемый слой (Пак, 1953). Увеличение щелочности происходило в данном случае по схеме, описанной К.К. Гедройцем (1955). Е.Т. Дегтярева (1988, 1992) объясняла увеличение щелочности в мелиорированных солонцах, в том числе в карбонатсодержащих горизонтах, гидролизом первичных алюмосиликатов с выделением в раствор щелочных катионов.

Ф.И. Козловский (1991) показал, что процесс ощелачивания в распаханых степных почвах широко развит даже в отсутствие орошения. На большом фактическом материале он провел анализ взаимосвязей между величиной актуальной щелочности (рН), суммой солей, содержанием ионов кальция, соотношением $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ и токсичной щелочностью ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$). По его мнению, ощелачивание богарных почв степей объясняется снижением верхней границы гипсово-солевого горизонта, увеличением мощности карбонатных безгипсовых горизонтов, повышением в них щелочного резерва за счет улучшения промывания распаханых земель. Он считал, что на первой стадии ощелачивания главным фактором является относительное накопление основных солей магния и выпадение в осадок карбоната кальция. При этом происходит изменение соотношения между магнием и кальцием в ионно-солевом комплексе в пользу магния. При увеличении рН до 9 и более увеличивается способность натрия вытеснять кальций из ППК. Это характеризует переход к содовой модели формирования щелочности. Кальций, вытесняемый из ППК, выпадает в осадок с образованием кальцита. На этой стадии решающее значение приобретает соотношение между ионами натрия и магния в растворе. Натрий начинает вытеснять магний из ППК. Эти процессы носят циклический характер. Расчет относительного изменения щелочного резерва ($\text{Щ}_{\text{отн.}}$) производился по формуле: $\text{Щ}_{\text{отн.}} = \text{С}_{\text{щ. цел.}} - \text{С}_{\text{щ. агро.}}$, где $\text{С}_{\text{щ. цел.}}$ и $\text{С}_{\text{щ. агро.}}$ — значения токсичной щелочности целинной и агрогенноизмененной почвы (Козловский, 1991).

Одна из главных задач мелиорации солонцов в условиях богары — замещение натрия в почвенно-поглощающем комплексе солонцового горизонта кальцием за счет припашки кальциевых солей из подсолонцовых горизонтов или внесения их из вне. Кальциевые соли в почве представлены в основном карбонатом кальция и гипсом. Во многих случаях гипс залегает глубже аккумулятивно-карбонатного горизонта, и в этом случае его участие в мелиоративном процессе невелико.

Поглощение катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ в каштановых почвах и солонцах зависит от: 1) состава почвенного раствора, 2) химической природы катиона, 3) состава и строения ППК, 4) температуры, 5) влажности почв. Не менее важную роль играют также такие факторы, как дисперсность мелиорирующего вещества, скорость обновления почвенного раствора вокруг почвенных агрегатов и размер агрегатов.

По данным И.Н. Антипова-Каратаева с соавторами (1966), для рассолонцевания плантажированного многонатриевого солонца Ергеней до средненатриевого без дополнительного орошения требуется около 10 лет. Внесение 10 т/га гипса ускоряло этот процесс. В этом случае за 10-летний срок солонцы из многонатриевых переходят в малонатриевые. Использование орошения позволило снизить содержание обменного натрия в плантажированном солонце до средненатриевого за 2-3 года, а на 6-ой год мелиорации солонцы были полностью рассолонцованы (Пак и др., 1975).

По наблюдениям Е.А. Даниловой (1981), при мелиорации залежных темно-каштановых малонатриевых солонцов Саратовского Заволжья (через 3 года после проведения мелиорации) содержание обменного натрия в слое 0-20 см снизилось с 9 до 4.8% при отвальных обработках и до 2.3-3.8% при мелиоративных обработках и при глубоком рыхлении. В более глубоких слоях изменения были еще более значительными. Так, в слое 20-40 см под влиянием мелиоративных обработок содержание обменного натрия снизилось с 41.6 до 3.6-3.8 %. При отвальной и безотвальной обработках содержание обменного натрия снизилось до 7%. Одновременно с уменьшением содержания обменного натрия снижалось содержание обменного магния.

По данным Е.Т. Дегтяревой с соавторами (1991), при мелиорации светло-каштановых средненатриевых солонцов Волгоградской области уменьшение содержания обменного натрия наблюдается уже через 4 года, впоследствии на 10-ый год наблюдалось увеличение его содержания в пахотном горизонте и к 15-му году наблюдений – последующее уменьшение. Изменение содержания обменного магния в ППК, по ее данным, носит волнообразный характер. Содержание обменного магния в солонцовом горизонте целинных солонцов ниже, чем обменного кальция. Аналогичная картина изменений наблюдалась в средненатриевых темно-каштановых солонцах Ростовской области. В этих почвах содержание обменного магния также было ниже, чем обменного кальция (Бабушкин, Баранов, 2007).

При мелиорации глубокой вспашкой корковых и мелких мало- и средненатриевых темно-каштановых солонцов Кустанайской области значительное уменьшение содержания обменного натрия наблюдалось на 3-й год после проведения мелиорации. При вариантах опыта с внесением фосфогипса уменьшение было более значительным, чем при вариантах с трехъярусной и фрезерной обработками без внесения мелиоранта (Стародубцева, 1989).

Как правило, через 5-10 лет в мелиорированных почвах в условиях богары вновь наблюдается увеличение содержания обменного натрия, ухудшаются их физические свойства, падает урожайность. Обычно в этом случае пишут об окончании последствий мелиорации. Это заключение делается без учета профильного строения и морфологических особенностей мелиорируемых почв.

Как известно, диагностическими критериями для выделения солонцов как самостоятельного типа почв являются наличие профиля элювиально-иллювиального типа (по илистой фракции) и типобразующего солонцового горизонта. Солонцовый горизонт отличается от других хорошо выраженной столбчато-призматической многоуровневой структурой, кутанами иллювиирования, более яркой окраской, утяжеленным гранулометрическим составом, щелочной реакцией, высокой пептизируемостью коллоидов, дисперсностью почвенной массы, вязкостью, липкостью и набухаемостью во влажном состоянии и сильным уплотнением в сухом (Классификация ..., 1977; Классификация ..., 2004).

В большинстве случаев при проведении опытов по мелиорации почв и при наблюдениях за их изменением под влиянием мелиоративного воздействия глубокого изучения изменения профильного строения этих почв не проводилось. Первые работы в этом направлении начались в 80-х годах в лаборатории генезиса и мелиорации солонцов Почвенного института имени В.В. Докучаева (Горячкина, Салпагарова, 1986; Корнблум и др., 1981; Любимова и др., 1993; Салпагарова, 1988). В основу этих исследований были положены данные по

детальному изучению морфологического облика мелиорированных почв с использованием морфонного подхода, предложенного Э.А. Корнблумом и другими сотрудниками (1972) Почвенного института для описания мозаичных почв лиманов, и с использованием разработанных в 1982 году «Базовых шкал свойств морфологических элементов».

Изучалось строение почв сразу после проведения различных мелиоративных обработок и спустя 5, 9, 15 и 25 лет после их проведения. Исследования проводились в Северном Казахстане (Кустанайская область), Волгоградской и Астраханской областях.

В результате этих исследований было показано, что после обработки мелиоративными орудиями в почвенном профиле вместо 3-4 горизонтов появляется до 10 и более морфонов² на каждый квадратный метр обработанного слоя. Горизонтное строение профиля почв сохраняется только ниже глубины обработки. Степень нарушенности верхней части профиля мелиорированных почв в значительной мере связана с типом и глубиной обработки. В результате были получены обобщенные схемы профильного строения агрогенноизмененных почв и определен преобладающий состав образующихся морфонов (Салпагарова, 1988; Любимова, 2002).

Анализ профильного строения агрогенноизмененных почв позволил установить, что в результате мелиоративной обработки солонцов образуются почвы с двумя типами нарушений исходного профильного строения (Любимова, 2002).

В первой группе почв сохраняется профильное строение, свойственное солонцам. Солонцовый горизонт сохраняет свое расположение в профиле, но может быть частично срезана его верхняя часть. Над солонцовым горизонтом залегает слой, состоящий из фрагментов солонцового и надсолонцового горизонтов. Это происходит при обработке почв солонцовыми рыхлителями и в ряде случаев – отвальными плугами.

Во второй группе почв солонцовый горизонт утрачивается полностью. В этих почвах в результате глубоких мелиоративных обработок, а в некоторых случаях и отвальных вспашек, разрушены и дезинтегрированы надсолонцовый, солонцовый, а во многих случаях и подсолонцовый горизонты. На их месте образуется сложный мелиорируемый слой, состоящий из смеси разных горизонтов, который следует рассматривать как единый агрогеннопреобразованный (турбированный)³, гетерогенный горизонт, состоящий из смеси морфонов разного состава и размера.

По новой Классификации почв России подобный горизонт индексируется как горизонт Р или RU (Классификация ..., 2004, Полевой определитель ..., 2008).

Обобщение данных о постмелиоративном развитии почв солонцовых комплексов юга степной и полупустынной зон, проведенное И.Н. Любимовой (2002) на опытах Диевского и Черноморского опорных пунктов лаборатории генезиса и мелиорации солонцов, на многолетнем опыте Поволжского почвенно-мелиоративного отдела Почвенного института имени В.В. Докучаева и на опыте Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института химизации сельского хозяйства (ВНИПТИХИМ), показало, что строение мелиорированных распаханых богарных почв, приобретенное ими сразу после проведения мелиоративных обработок, постепенно меняется. Направленность и степень изменения морфогенетических свойств зависят от исходной трансформации профиля, характера и длительности послемелиоративного использования.

Постмелиоративное изменение профильного строения почв с разрушенным частично или полностью сохранившимся солонцовым горизонтом имеет как общие черты, так и различия. В почвах обеих групп идет формирование пахотного горизонта. Мелиорируемый слой сразу

² Под морфоном понимается структурная отдельность, состоящая из смеси фрагментов разных почвенных горизонтов, образовавшаяся в результате распашки (прим. авт.).

³ Турбированный горизонт – неоднородный по окраске, структуре и сложению почвенный горизонт, состоящий из смеси фрагментов исходной почвы (прим. авт.).

после мелиоративной обработки имеет рыхлое полиморфное сложение. Постепенно идет оседание рыхлой массы, уплотнение мелиорируемого слоя и разделение его на подгоризонты – пахотный и подпахотный. Формирование пахотного горизонта идет быстрее в почвах под однолетними культурами.

В группе почв с сохранившимся частично, или полностью солонцовым, или солонцеватым горизонтом морфологические свойства солонцового/солонцеватого горизонта, а также свойства нижележащих подсолонцовых горизонтов при постмелиоративном развитии изменяются незначительно.

У почв, в которых солонцовый горизонт в результате распашки был полностью разрушен, ниже пахотного слоя лежит турбированный, перемешанный горизонт, состоящий из набора морфонов, отличающихся друг от друга по составу входящих фрагментов исходных генетических горизонтов. Границы между морфонами сохраняются через 24-30 и более лет после проведения мелиорации. При постмелиоративном развитии почв с разрушенным солонцовым горизонтом не отмечается иллювиирования илистого материала и формирования солонцовых или солонцеватых горизонтов. Кутаны (натёки) на фрагментах солонцовых горизонтов, встречающихся в мелиорируемом слое, теряют свой блеск, сплошность или исчезают.

Под турбированным горизонтом находятся горизонты, не потерявшие своего естественного залегания, но претерпевшие определенные морфологические изменения. В первую очередь меняется форма карбонатных выделений аккумулятивно-карбонатного горизонта. Выделения карбонатов из округлых превращаются в вытянутые в вертикальном направлении пятна с диффузными границами. Аналогичные изменения карбонатных выделений фиксируются в светло-каштановых почвах. В группе почв с разрушенным солонцовым горизонтом происходит изменение глубины вскипания от соляной кислоты. Линия вскипания приближается к поверхности, а во многих случаях совпадает с ней. Это явление было отмечено практически во всех почвах исследованных опытных участков светло-каштановой подзоны. Анализ характера постмелиоративных изменений *карбонатного профиля* высококарбонатных почв солонцовых комплексов, карбонатных новообразований, а также аналитических данных свидетельствует о развитии в этих почвах нового элементарного почвенного процесса – окарбоначивания пахотного горизонта. Эти процессы протекают в почвах только при разрушении в них солонцового горизонта, служившего своеобразным барьером на пути влагосолепотоков, и при залегании карбонатов в целинных почвах выше 40 см. Наибольшее увеличение запасов карбонатов наблюдается в агрогенноизмененных распаханых светло-каштановых почвах.

По мнению Ю.Е. Кизякова (1985) и Т.А. Соколовой с соавторами (1988), появление карбонатов в пахотном горизонте связано с припашкой карбонатсодержащих горизонтов при глубоких мелиоративных обработках. Действительно, глубокие обработки приводят к некоторому увеличению содержания карбонатов в мелиоративном слое.

Данные И.Н. Любимовой (2002) показали, что увеличение содержания карбонатов в поверхностных горизонтах в первые годы после трехъярусной и плантажной вспашек действительно обусловлено влиянием мелиоративных обработок. Однако в дальнейшем содержание карбонатов в пахотном слое увеличивается за счет их перераспределения внутри профиля из-за изменения режима влажности мелиорированных почв. Об активизации процессов передвижения растворенных карбонатов в агрогенноизмененных почвах солонцовых комплексов свидетельствует и увеличение карбонатных выделений внутри и вокруг пор, которые хорошо видны при рассмотрении образцов ненарушенного сложения под бинокуляром. Карбонатные выделения вокруг и внутри пор полностью отсутствуют в целинных солонцах и встречаются, но в меньшем количестве, в целинных светло-каштановых почвах. При сопоставлении целинных и агрогенноизмененных распаханых

почв солонцовых комплексов можно констатировать, что в результате агрогенного воздействия в них происходит изменение и гипсовых новообразований. Так, в целинных солонцах гипс встречается с глубины 80-90 см и представлен в основном крупнокристаллическими полупрозрачными (иногда чечевичной формы) кристаллами в почвенной массе. Реже в округлых пустотах встречаются мелкокристаллические непрозрачные образования гипса белого цвета. В агрогенноизмененных солонцах на 24 год после мелиорации крупнокристаллический полупрозрачный гипс появляется только с глубины 130 см. В слое 80-130 см мелкокристаллические более молодые выделения гипса белого цвета заполняют все поры и трещины. В последних кристаллы гипса чуть крупнее. В агрогенноизмененных светло-каштановых солонцеватых почвах распределение типов новообразований гипса по профилю почв аналогично тому, что наблюдалось в мелиорированных солонцах. Подобное изменение форм гипсовых новообразований в мелиорированных почвах говорит об усилении интенсивности процессов растворения и перекристаллизации гипса в этих почвах.

Рассматривая возможность реставрации процессов осолонцевания в агрогеннопреобразованных почвах, необходимо принимать во внимание, что солонцовый процесс в настоящее время рассматривается как комплекс взаимосвязанных элементарных почвенных процессов, обусловленных особым сочетанием состава обменных катионов в почвах и концентрации солей в почвенном растворе. Ведущим элементарным процессом в солонцах является натриевый лессиваж, который протекает на фоне процессов рассоления-засоления и сопровождается иллювинованием растворимых гумусовых веществ, образованием соды в результате обменных реакций, диспергацией и разрушением илистых частиц.

Существуют определенные ограничения для протекания процесса «натриевого лессиважа», т.е. осолонцевания. В первую очередь это зависит от исходного минералогического состава почвообразующих пород или почв. К настоящему времени установлено, что натрий практически не вызывает пептизации у каолинита, галлуазита и вермикулита. В то же время илистая фракция, содержащая смектиты, способна к пептизации в присутствии натрия. Ограничивающим фактором также служит гранулометрический состав исходных почвообразующих пород. Это связано с тем, что при низком содержании ила количество пептизируемой фракции незначительно и солонцовый профиль не может сформироваться. С другой стороны, при тяжелом гранулометрическом составе перемещение илистой фракции по профилю почв затруднено (Элементарные ..., 1992; McNeal, Coleman, 1966; Frenkel et al., 1978). Возможность и интенсивность протекания солонцового процесса в почвах определяется рядом факторов. Так, степень пептизации глинистого материала зависит от содержания обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе и концентрации легкорастворимых солей в почвенном растворе. Связь между этими показателями носит сложный нелинейный характер. Пептизация проявляется при повышенном (более 5-10% от емкости катионного обмена) содержании обменного натрия и низкой концентрации легкорастворимых солей в почвенном растворе. В этих условиях силы электростатического отталкивания между частицами становятся больше сил притяжения за счет увеличения электрокинетического потенциала в двойном электрическом слое глинистых частиц. Увеличение концентрации солей даже при высоком содержании обменного натрия приводит к снижению электрокинетического потенциала, коагуляции глинистых суспензий и подавлению солонцового процесса. Коагуляции илистой фракции способствуют также соединения калция и поливалентных катионов (железа, алюминия) (Элементарные ..., 1992; Окорков, 1994; Грачев, Корнблюм, 1982; McNeal, Coleman, 1966; Naghohinen-Pour et al., 1970).

При диагностике процессов вторичного осолонцевания или реставрации солонцового

процесса в мелиорированных (богарных) солонцах в большинстве случаев необходима оценка возможности развития солонцового процесса на ранних стадиях, когда солонцовый горизонт (профиль) еще не сформировался, а условия для его развития уже существуют. Последнее объясняется тем, что процесс профилеобразования может быть достаточно длительным. Мнения исследователей о скорости становления профиля солонцовых почв весьма противоречивы: разные авторы считают, что скорость варьирует от нескольких до сотен лет (Геннадиев, 1990; Зимовец, 1991; Кизяков, 1985).

Исследования показали, что для оценки наличия и степени выраженности солонцового процесса в агрогенноизмененных почвах возможно использование особенности кинетики набухания растертых образцов почв (Грачев, Корнблум, 1982) и расчетный показатель физико-химических условий степени выраженности солонцового процесса (Хитров, 1984, 1994). Первые результаты по диагностике наличия солонцового процесса в почвах сухих степей с использованием этих подходов показали, что для всех исследованных целинных солонцов в настоящее время характерна слабая степень выраженности солонцового процесса ($b > 4$). Данные по кинетике набухания также подтверждают, что в настоящее время в обследованных солонцах солонцовый процесс не выражен, т.е. находится в «спящем режиме». В агрогенноизмененных солонцах с сохранившимся солонцовым горизонтом в образцах солонцового горизонта на кривой набухания отсутствует характерная для солонцовых горизонтов задержка набухания. Показатель физико-химических условий для сохранившегося солонцового горизонта ($b = 0.7$) свидетельствует о том, что солонцовый процесс в этих почвах выражен так же слабо, как и в целинных солонцах. В агрогенноизмененных солонцах и светло-каштановых почвах с разрушенным солонцовым горизонтом солонцовый процесс в настоящее время не выражен (Любимова, 2002).

Приведенные выше материалы коренным образом меняют наше представление об агрогенноизмененных богарных почвах солонцовых комплексов. Для выявления общих и региональных особенностей агрогенной эволюции почв солонцовых комплексов требуется продолжение их исследований на других территориях. Кроме того, по мнению Ф.И. Козловского (1991), «период полустановления» агрогенных неорошаемых почв степей, не связанных с эрозией, может достигать сотни лет. В тоже время он отмечает, что реальная скорость и период становления различных агрогенных почв и определяющих их элементарных почвенных процессов может сильно варьировать, а в отдельных случаях иметь прерывистый характер. Для решения вопроса о возможности или невозможности протекания солонцового процесса в агрогенноизмененных почвах солонцовых комплексов необходимо обследовать опыты с более длительной послемелиоративной историей.

4. Тренд развития почв солонцового комплекса при лесомелиорации на территории Джаныбекского стационара

С 1950-х годов на Джаныбекском стационаре РАН ведется мониторинг эволюции почв полупустынного солонцового комплекса Северного Прикаспия в процессе их мелиорации в системе лесных полос в богарных условиях. Многолетние комплексные исследования велись силами сотрудников Почвенного института имени В.В. Докучаева, Института лесоведения, Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и других институтов системы Академии наук и Российской академии сельскохозяйственных наук под руководством академиков В.Н. Сукачева и А.А. Роде. До 1963 г. стационар находился в ведении Почвенного института, а затем – Института лесоведения РАН. В последнее время на территории Джаныбекского стационара объем исследований, проводимых Почвенным институтом, сокращен.

Первоначальной задачей стационара была разработка способа мелиорации солончаковых

солонцов, преобладающих в почвенном покрове Прикаспийской равнины и в условиях выращивания в полупустыне лесных полос, представленных древесно-кустарниковыми насаждениями, обеспечивающими дополнительное увлажнение за счет снегонакопления. Это привело к успешному мелиоративному процессу, а в результате – к способу земледельческого освоения полупустынного региона в богарных условиях. Орошение в данном регионе ограничено отсутствием источников пресной воды и опасностью вторичного ирригационного засоления в условиях бессточной равнины, засоленных грунтов и относительно близкого залегания засоленных грунтовых вод (до начала 70-х годов прошлого века залегающих на глубине 6-8 м).

Равнинность региона, на территории которого расположен Джаныбекский стационар, осложнена мезо- и микрорельефом, который является причиной перераспределения талых вод, определяющих развитие комплексности почвенного покрова. Мезопонижения (большие падины), составляющие 10-25% площади, заняты незасоленными лугово-каштановыми (черноземовидными) почвами, которые исторически использовались в земледелии. Межпадинные пространства (75-85% площади) имеют комплексный почвенный покров, состоящий из солончаковых солонцов микроповышений (50% площади межпадинной равнины), незасоленных лугово-черноземных (черноземовидных) почв микрозападин (25%) и светло-каштановых почв микросклонов (также 25%). Грунтовые воды под микроповышениями имеют хлоридно-сульфатное засоление с минерализацией около 20 г/л; под микропонижениями состав воды гидрокарбонатный кальцевый – около 0.2 г/л. Воды микропонижений пополняются пресной водой в результате периодического сквозного промачивания почв западин при весеннем снеготаянии и стока в них талых вод с микроповышений. Солончаковые солонцы микроповышений, получая в 4 раза меньше влаги, чем лугово-каштановые почвы, имеют водный режим непромывного типа с элементами десуктивно-выпотного. Межпадинные пространства на территории Джаныбекского стационара служили пастбищами и сенокосами.

Разработанный на стационаре способ узкомассивного богарного земледелия в межполосных лесных пространствах основан на самомелиорации солонцов за счет содержащегося в подсолонцовом горизонте на глубине 30-40 см гипса, который вовлекается в пахотный слой при плантажной или трехъярусной вспашке в условиях дополнительного увлажнения почв в системе снегонакопительных лесных полос (Биогеоценотические основы ..., 1974). Агролесомелиоративные системы (АЛМС), созданные в виде природных натуральных моделей площадью до 40 га, проходят производственное испытание с момента их создания в 60-х годах XX века до настоящего времени.

В первые годы функционирования АЛМС, особенно после формирования ажурно-продуваемой конструкции однорядных лесных полос и до достижения ими примерно 20-летнего возраста, снегонакопление на опытных территориях превышало наблюдаемое на целинных пространствах в 1.5-2 раза. Это обеспечивало глубокое, а периодически и сквозное промачивание почв (Биогеоценотические основы ..., 1974). Результатом стало прогрессирующее рассоление и рассолонцевание главных объектов мелиорации – солончаковых солонцов. При этом наблюдалось увеличение засоленности грунтовых вод, улучшение влагообеспеченности всех почв комплекса и возделываемых в межполосных пространствах сельскохозяйственных культур, а также увеличение урожайности последних в 1.5-3 раза по сравнению с полями вне АЛМС (Биогеоценотические основы ..., 1974). Дальнейший рост и развитие лесных полос, постепенное освоение межполосных пространств корневыми системами деревьев, успешно конкурирующими в борьбе за почвенную влагу с сельскохозяйственными культурами, привели не только к замедлению, но и прекращению процесса рассоления солонцов и ухудшению влагообеспеченности и урожайности сельскохозяйственных культур (Базыкина, Оловянникова, 1996). Кроме того, началось

постепенное истощение пресной линзы грунтовых вод под западинами и падьми за счет использования влаги корнями древесных насаждений, что привело к засолению нижних горизонтов лугово-каштановых почв за счет подпитки почв из зоны капиллярной каймы засоленных грунтовых вод (Сапанов, 2003; Сиземская, Бычков, 2005; Соколова и др., 2000). На этом этапе потребовалось изменение способа сельскохозяйственного использования АЛМС, а именно – создание в них культурных сенокосов из многолетних глубокоукореняющихся трав, успешно конкурирующих с лесными полосами и дающих высокие урожаи. Институт лесоведения РАН разрабатывает перспективную концепцию колючно-западного ландшафта, который, приближаясь к природному, повышает биологическую продуктивность соседних целинных пространств и их роль как пастбищ (Вомперский и др., 2000; Сапанов, 2003).

Такая же тенденция, направленная на ухудшение влагообеспеченности плотных древесных насаждений паркового типа, а также ухудшение экологической ситуации и солевого состояния почв, прослеживается на больших падях по мере увеличения возраста древесных насаждений (Оловянникова, 1996; Сапанов, 2003), что в результате требует изменения их конструкции и сохранения лесных насаждений только как рекреационных зон.

Современный этап в течение последних десятилетий по состоянию и направленности почвенных процессов на целинных и опытных территориях различного назначения характеризуется постепенным повышением уровня грунтовых вод и изменением климатических условий (глобальным потеплением). Начиная с 1980 года подъем грунтовых вод происходил со средней скоростью 11 см в год, в результате чего грунтовые воды под межпадинной равниной находятся теперь на глубине около 5-5.5 м, а их капиллярная кайма – на глубине около 2 м от поверхности почвы. При этом капиллярная кайма достигла нижней границы почвенного профиля. Причиной этого явления можно считать циклическое колебание уровня грунтовых вод, озер и морей, в том числе Каспийского моря, гидравлически связанного с окружающими территориями, а также влияние оросительно-обводнительных мероприятий в регионе вокруг Джаныбекского стационара (Сапанов, 2007). Одновременно начавшееся потепление климата холодного полугодия (особенно в зимние месяцы) также имело неоднозначные последствия. Повышение температуры воздуха и частые оттепели затрудняли перевывание снега и его накопление на землях АЛМС, в результате чего ухудшалась водообеспеченность земель. Талые воды во время оттепелей и при весеннем снеготаянии успешно впитывались на месте в непромерзшие почвы, не образуя стока в западины и тем более в большие падьи. При улучшении водообеспеченности пастбищ на межпадинной равнине ухудшалась влагозарядка лучших почв и очагов земледелия – больших падьей (Сапанов, 2010). В таких условиях произошло изменение тренда почвообразовательных процессов как в целинных, так и в мелиорируемых почвах в сторону увеличения их засоления. Прослеживается вторичное засоление не только нижних горизонтов, в которые поднялась капиллярная кайма засоленных грунтовых вод, но и расположенных выше, в зонах восходящих по градиенту всасывающего давления потоков влаги, несущих соли (Сиземская, 2013; Соколова и др., 2000).

В связи с начавшимся в последние годы снижением уровня грунтовых вод под Прикаспийской равниной, как и самого Каспия (Рычагов, 2011; Свиточ, 2014) возможен новый тренд почвообразовательных процессов.

5. Современный тренд развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной природных зонах при орошении

Орошаемые почвы – это природно-техногенные системы. В условиях юга степной и полупустынной зон России большинство культур без дополнительного увлажнения

выращивать невозможно. Вместе с тем существуют примеры серьезных неудач обводнительных мелиораций, связанные со слабой изученностью многих процессов, протекающих на поливных землях, с отсутствием геосистемного подхода при проектировании объектов мелиорации и низкой культурой орошаемого земледелия. Поэтому крайне важно изучение специфики функционирования орошаемых почв, анализ негативных экологических последствий ирригации и выработка мер по их предотвращению.

Затраты на ведение ирригационного земледелия в 3-5 раз выше, чем на богарных землях (Приходько, 2006), но и отдача таких земель гораздо выше, что делает орошаемое земледелие перспективным. По данным Государственного доклада (2016), общая площадь орошаемых земель в России на 1 января 2016 года составила 4655.5 тыс. га.

Примером данного анализа являются орошаемые почвы юга степной и полупустынной зон Поволжья – одного из наиболее крупных и перспективных регионов ирригационного земледелия России. Геолого-геоморфологические условия, в которых расположены поливные земли, здесь разнообразны: террасы и дельта Волги (на песках, покровных суглинках), Приволжская возвышенность и Ергени (с толщей скифских красно-бурых глин и лессовидными суглинками), Низкая Сыртовая равнина и ее склоны (лессовидные суглинки), Прикаспийская низменность (с хвалынскими суглинками, «шоколадными» глинами с линзами супесей и песков). Основная часть орошаемых земель (70-80%) представлена мелкими участками площадью в десятки гектаров (Приволжская возвышенность, возвышенность Ергени). Мелкие оросительные системы так называемого инициативного орошения относительно равномерно распределены по хозяйствам. Здесь выращиваются овощные и кормовые культуры. Для орошения используются главным образом воды местного стока с минерализацией до 1 г/л гидрокарбонатно-натриевого состава. Почвенно-мелиоративное состояние малых оросительных систем в большинстве случаев не контролируется.

Крупные оросительные системы размещены на юге Саратовской, Волгоградской областей (Ершовская, Палласовская, Генераловская, Светлоярская оросительные системы и другие), в Калмыкии (Большой Царын и другие). Орошение производится волжской слабоминерализованной водой (0.4-0.5 г/л) гидрокарбонатно-кальциевого состава. Выращиваются зерновые (пшеница), однолетние (кукуруза на силос) и многолетние (люцерна) кормовые травы. Многолетние травы наиболее отзывчивы на ирригацию, урожаи повышаются в 2.5-4 раза.

Орошение изменяет факторы почвообразования, что приводит к трансформации почвенных процессов и находит отражение в свойствах почв (Зимовец, 1991).

Рельеф изменяется как в процессе строительства оросительных систем (планировка территории, буртование, нарезка каналов, создание водохранилищ), так и при их эксплуатации (ирригационная эрозия, наносы, оползни, суффозия, уплотнение).

Значительные уклоны местности, наличие микрорельефа, некачественная планировка поверхности, чрезмерные нормы полива и интенсивность поливного дождя, большие размеры капель, а главное, отсутствие необходимых гидротехнических сооружений на оросительной и сбросной сети приводят к развитию ирригационной эрозии. Она возникает при образовании водных потоков, когда поливные нормы превышают скорость впитывания воды в почву или при большом объеме сброса оросительных вод. Ирригационная эрозия начинает развиваться на склонах с крутизной 0.015-0.025 и при нормах полива 450-500 м³/га, а величина смыва почв может составить 2-3 т/га (Кузнецов и др., 1990).

В результате просадочных и суффозионных явлений в лессовых грунтах при орошении почв образуются западины площадью до 1.5 га и глубиной до 0.3-2 м, происходит деформация поверхности, усложнение структуры почвенного покрова (Козловский, 1991).

Орошение значительно изменяет климат и его гидротермические показатели.

Оросительные воды повышают влажность почв на 50-100%. Увеличивается также влажность воздуха, возрастают затраты тепла на испарение, напротив, температура поливных вод и воздуха снижаются. Дополнительное увлажнение, улучшая водный и тепловой режимы, создают условия для более интенсивной микробиологической деятельности в течение всего вегетационного периода. В орошаемых почвах увеличивается ферментативная активность и общее количество микроорганизмов. Это приводит к интенсификации почвообразовательного процесса в целом. При создании благоприятного водного и пищевого режимов в орошаемых почвах стабилизируется скорость минерализации и гумификации растительных остатков (Ружек, 1983; Васильев, 1990).

На орошаемых полях после начала орошения почти повсеместно идет подъем уровня грунтовых вод со скоростью 0.3-1.5 м в год. Через 10-30 лет после начала ирригации грунтовые воды часто достигают критического уровня, при котором нарушается устойчивость почв. При близком уровне залегания пресных грунтовых вод начинается переувлажнение, заболачивание, ухудшается водно-воздушный режим. При уровне залегания грунтовых вод выше 2 м формируется гидроморфный режим, при глубине 2-5 м – полугидроморфный промывной (Минашина, 1978; Зайдельман, 1993). Значительная часть этих почв подвергается вторичному засолению. Вторичное засоление – наиболее распространенное отрицательное явление при орошении почв аридных территорий, которое определяется запасами солей в почвах и грунтовой толще, плохой дренированностью регионов, зонально-климатическими особенностями. Критическая глубина залегания грунтовых вод для почв на юге степной и в полупустынной зонах составляет 2-2.5 м при минерализации больше 5-7 г/л. Одним из неблагоприятных явлений при ирригации почв на юге степной и в полупустынной зонах является содопроявление в грунтовых водах и почвах, приводящая к осолонцеванию почв. Возникновение соды связано чаще всего с освобождением натрия из почвенного поглощающего комплекса.

Вопрос о вторичном засолении и осолонцевании при орошении почв детально проанализирован в работах В.А. Ковды (1946-1947), И.Н. Антипова-Каратаева (1953), А.П. Бирюковой (1962), Н.Н. Большева (1972), Б.Г. Розанова (1975), Б.А. Зимовца (1991), Ф.И. Козловского (1991), Н.Е. Dregne (1988) и многих других.

При орошении изменяются физические свойства почв – происходит увеличение объемной массы верхних горизонтов глинистых и суглинистых почв до 1.5-1.6 г/см³. Оно может происходить за счет прохождения тяжелой техники и разрушения структуры почв. Уплотнению орошаемых почв может способствовать закупорка пор и трещин в результате увеличения количества низкоагрегированного ила и появление супердисперсности у разбухающих минералов (Приходько, Соколова, 1988).

Слитизация – сильное уплотнение почв до 1.6-1.7 г/см³. Во влажном состоянии почвы сплываются, характеризуются вязкостью. Слитизация происходит за счет физико-химических изменений в почвах – гидрофилизации коллоидов, образования высокодисперсных почвенных полимеров, цементации микроагрегатов растворимыми соединениями кремния, магния, алюминия, железа (Розанов, 1975; Хитров, Чечуева, 1984). К слитизации склонны почвы с высоким содержанием тонкодисперсных частиц (свыше 40% ила и 60-65% физической глины). Слитизация затрудняет и ухудшает водно-физические свойства почв.

В результате орошения неоднократно отмечалась деградация структуры почв на макро- и микроуровнях. На микроуровне происходит упрощение строения микроагрегатов, усиление микрizonaльности строения плазменного материала, на макроуровне наблюдается увеличение глыбистости, уменьшение количества агрономических ценных агрегатов, снижение их водопрочности (Приходько, 1996).

При орошении выявлено снижение или стабильные запасы содержания гумуса с тенденцией на увеличение, что в значительной степени зависит от культуры земледелия и

химического состава поливной воды. При их высоком качестве, наличии в севообороте многолетних трав (не менее 30%), внесении органических удобрений (10-20 т/га ежегодно) содержание гумуса не уменьшается, а иногда увеличивается (Орлов и др., 1990; Приходько, 1996).

Длительное орошение пресными водами не влияет на стабильные запасы CaCO_3 в толще почв 0-2 м. Режим способствующий выносу карбонатов создается при затоплении почв на рисовых полях и при орошении щелочными и минерализованными водами, что приводит к выщелачиванию солей кальция из слоя 0-1 м (Барановская, Азовцев, 1981). Но значительно чаще происходит увеличение карбонатов в поверхностных горизонтах.

Орошение приводит к интенсификации внутрипочвенного выветривания. В первичных минералах крупных фракций отмечается уменьшение количества слюд, амфиболов и прочего. Продукты разрушения и дробления гидрослюды и хлоритов увеличивают количество илистой фракции. При поливах щелочными водами или при близком залегании грунтовых вод, содержащих соду, появляется супердисперсность разбухающих минералов (Барановская и др., 1988).

На югестепной и полупустынной зонах при поливах почв пресной водой в автоморфных условиях происходит рассолонцевание и рассоление солонцов и каштановых солонцеватых почв. В то же время в лугово-каштановых почвах микрозападин идет процесс увеличения содержания обменного натрия во втором метре в результате бокового притока солей с солонцов, занимавших до планировки полей микроповышения, и с каштановых почв, располагающихся на микросклонах (Приходько, 1996).

При создании гидроморфных условий на орошаемых массивах при уровне и минерализации грунтовых вод выше критического и отсутствии дренажа развивается вторичное засоление почв. Тем не менее, несмотря на отрицательный ирригационный опыт, на многих оросительных системах юга Европейской России есть участки орошения с высокой культурой земледелия (например, Ершовский орошаемый участок в Саратовской области), где при длительном периоде орошения, хорошей дренированности территории, исключающей подъем грунтовых вод, при современных способах полива, внесении удобрений, внедрении прогрессивных агротехнических приемов и правильном подборе сортов создавалась возможность сохранения плодородия почв и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур (в 3-4 раза больше по сравнению с неорошаемыми землями), опыт которых может быть распространен в широкой практике (Приходько, 1996).

Нами проводились многолетние исследования на орошаемых почвах. Примером нашего анализа являются орошаемые почвы на юге степной и в полупустынной зонах Поволжья – одного из наиболее крупных и перспективных регионов ирригационного земледелия России.

Несмотря на длительную историю изучения орошаемых почв Поволжья, многие вопросы остаются не до конца решенными, среди них – выявление роли антропогенного фактора в развитии почв солонцовых комплексов в условиях орошения, что и является целью данного раздела.

Объектом изучения стали почвы на полях Светлоярской оросительной системы (ОС) в Волгоградской области на трех орошаемых участках: Светлоярский, Райгородский и Червленое (рис. 4). Почвы Светлоярской ОС орошаются с 60-х годов прошлого столетия и имеют свойства антропогенно-измененных в результате длительного мелиоративного воздействия.

Для изучения свойств орошаемых почв использовалась дистанционная информация: космические снимки сверхвысокого разрешения (0.5 м) Pleiades (конец мая 2015 г.), Канопус (июнь, 2014 г.) и Landsat-8 (разрешение 30-15 м, май-июнь 2015-2017 гг.). Кроме того, привлекались данные по уровню грунтовых вод (УГВ) Волгоградской гидрогеолого-мелиоративной партии (ВГМП) за 1990 и 2015-2017 гг.

Проводились полевые маршрутные исследования с морфологическим описанием почв и лабораторными анализами почвенных образцов на засоление, карбонатность, pH и другие. Точки полевого обследования намечались по дистанционным материалам и имели привязку на местности с помощью GPS-приемника.

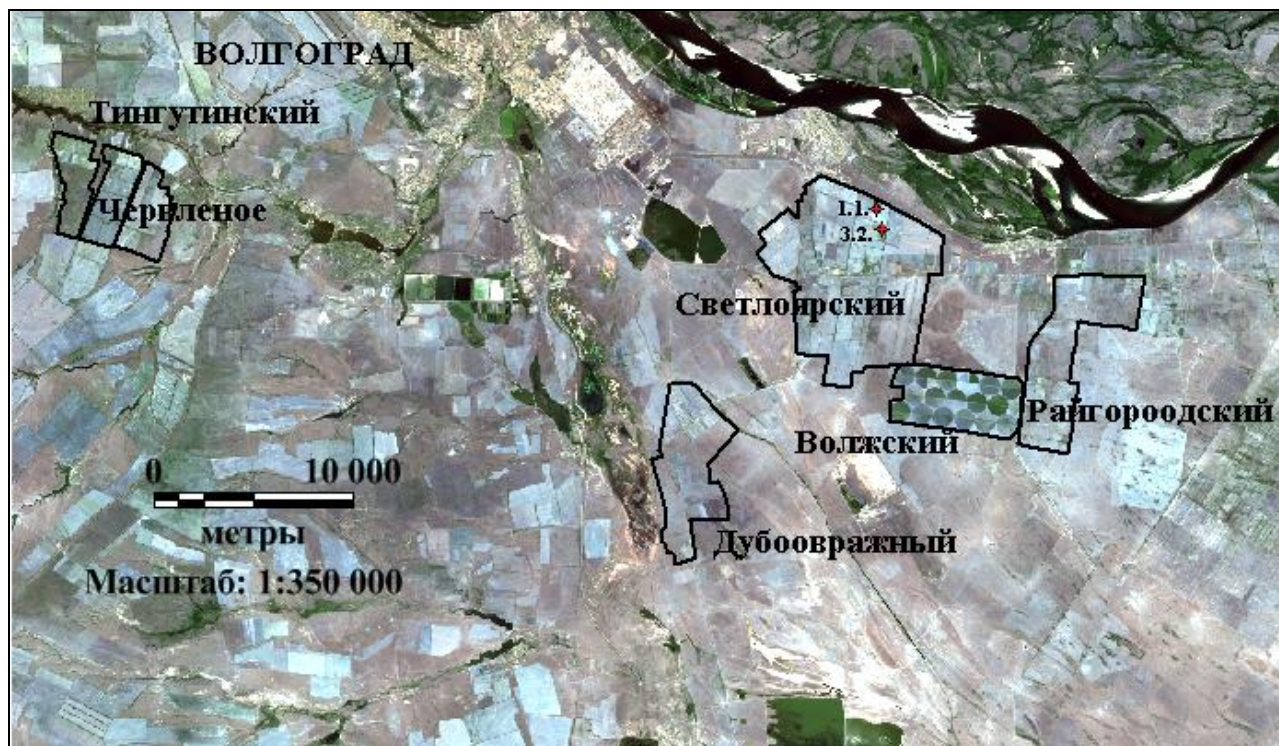


Рис. 4. Участки орошения Светлоярской ОС в Волгоградской области (на фоне RGB снимка Landsat-8 OU, 19.06.2015). Условные обозначения: 1.1., 3.2. – точки отбора почвенных образцов. **Fig. 4.** Irrigation plots of the Svetloyarsk irrigation system in the Volgograd Region (overlaid on the RGB image made by the Landsat-8 OU on 06/19/2015). *Legend:* 1.1., 3.2. – soil sampling points.

Почвенный покров Светлоярской ОС до орошения был представлен светло-каштановыми почвами, солонцами и лугово-каштановыми (темноцветными) почвами западин и падин. Согласно природному районированию А.Г. Доскач (1979), орошаемые участки Светлоярской ОС находятся в разных природных районах Северного правобережного Прикаспия и на возвышенности Ергени. Мы приводим результаты исследований по Светлоярскому и Райгородскому участкам, расположенным в районе Северной Сарпинской низменной равнины, и по участку Червленое в Северных Ергенях.

Почвенный покров на большей части Прикаспийской низменности и на возвышенности Северные Ергени до орошения был представлен трехчленным комплексом, связанным с микрорельефом: в западинах формировались лугово-каштановые (темноцветные) почвы под злаково-разнотравной растительностью, микроповышения были заняты солонцами под чернополынно-прутняковыми растительными ассоциациями, микросклоны и мелкие микропонижения со светло-каштановыми солонцеватыми почвами под ромашниковой, ромашниково-прутняковой и ромашниково-острецово-ассоциациями. Количество солонцов в комплексе составляло 25-50% и >50%. Солевой горизонт в солонцах располагался в первом или втором полуметрах почвенного профиля (Дегтярева, Жулидова, 1970). Главными факторами, определяющими развитие засоленных почв на Прикаспийской низменности и на

возвышенности Ергени, являются почвообразующие породы, представленные морскими отложениями четвертичных трансгрессий Каспийского моря и покровными четвертичными лессовидными суглинками. Плоский рельеф и бессточность Прикаспийской низменности, а также резко засушливый климат способствовали континентальному соленакоплению.

Светлоярская оросительно-обводнительная система – одна из крупнейших в Волгоградской области. Водозабор происходит из р. Волга, у рабочего поселка Светлый Яр. Вода подается для хозяйств Волгоградской области и Республики Калмыкия.

Светлоярская ОС введена в эксплуатацию в 1960-1965 гг. В период строительства здесь был проведен целый комплекс мероприятий – планировки, способствующие равномерному распределению ирригационной воды по полю, внесение гипса в почву, плантажная вспашка для мелиорации солонцов и солонцеватых почв.

За годы эксплуатации к 1990-м годам на Светлоярской ОС произошла трансформация условий почвообразования: почвы из ирригационно-автоморфных условий с УГВ > 5 м, перешли на части территории к ирригационно-гидроморфным условиям с УГВ < 3 м (Минашина, 1978). Подъем минерализованных грунтовых вод при орошении, а также резкое увеличение минерализации грунтовых вод за счет растворения солей зоны аэрации привели к возникновению здесь очагов вторичного засоления и наложению вторичного засоления на исходное засоление солонцовых почв (Горохова, Панкова, 1997). В результате в 90-х годах на Светлоярском орошаемом участке УГВ находился на глубине 3-5 м, а на участках Райгородском, Червленом составлял от 3 до 1.5 м.

В орошение в основном вовлекают богарные земли. Сложность орошения земель в Прикаспийской низменности и на Ергенях обусловлена комплексностью почвенного покрова, остаточной и современной солонцеватостью и засолением почвогрунтов. При ирригации таких земель требуются мероприятия, направленные на ликвидацию солонцеватости почв и неоднородности почвенного покрова, на регулирование уровня и минерализации грунтовых вод, а также солевого режима почв.

Одним из важнейших этапов создания оросительных систем является планировка (выравнивание) территории, способствующая равномерному растеканию ирригационной воды по полю, обеспечивающая одинаковую мощность водного слоя в различных частях поля и равномерное освобождение последнего от воды. Это главный антропогенный фактор воздействия на каштановые почвы при орошении, который не присутствует при распашке земель.

Строительная планировка призвана не только выровнять поверхность поля, но и сберечь почвенное плодородие. Сначала производят буртование плодородного почвенного слоя, т.е. срезают поверхностные горизонты и складывают их материал в так называемые «бурты». Затем территорию планируют. Повышения микро- и мезорельефа срезают, а понижения заполняют материалом срезанных почв. Наконец, по поверхности спланированного поля распределяют почвенный материал буртов. Мощность срезаемых и насыпаемых слоев почв особенно значительна на бортах лиманов, ложбин и грив, лопастей древних и современных дельт и других элементов мезорельефа. Профили новых, искусственных почв, созданных в результате правильно выполненной планировки, обычно состоят из трех или двух основных слоев.

Почвы «инженерных» оросительных систем на землях солонцовых комплексов существенно отличаются от исходных почв. Новые, искусственные почвы наследуют многие черты исходных почв в строении и свойствах нижних частей своих профилей, а также в свойствах почвенного материала насыпных слоев. Тем не менее, новым почвам свойственны особые строения и свойства, причем их отличия от исходных почв усиливаются по мере увеличения мощности срезанных или насыпанных слоев. При срезках на глубину 30-70 см часто в профиле сохраняются лишь горизонты почвообразующих пород, так как в почвах

солонцовых комплексов сухих и полупустынных степей суммарная мощность горизонтов А и В обычно не превышает 30-50 см. Ясно, что неоднородность почвенного покрова, и без того очень высокая на солонцовых территориях, резко возрастает после строительных планировок и потому фактическое разнообразие новых искусственных почв может быть очень большим. Так, по данным исследований Э.А. Корнблюма и В.В. Мясникова (1982), насыпные слои новых почв могут представлять собой смесь материалов разных генетических горизонтов исходных почв в самых различных произвольных соотношениях. Таким образом, новые почвы и сейчас именуются солонцовыми и действительно состоят из материала почв солонцовых комплексов, коренным образом отличаются по строению и свойствам от исходных почв и во многих случаях представляют собой искусственные мозаичные почвы с особенно сложными профилями.

На исследуемых участках во время планировки поверхности верхняя часть профиля солонцов, занимавших выпуклые элементы рельефа, была срезана. В результате на территории, в пределах которой до строительства Светлоярской ОС отмечалось 25-50% солонцов и солонцеватых почв, в настоящее время собственно солонцы не обнаружены. Основная часть солонцовых горизонтов была уничтожена при планировке. Ареалы бывших солонцов сейчас проявляются только по наличию сохранившихся нижних горизонтов, содержащих прожилоки мелкокристаллического гипса, начиная с глубины 65-90 см. Сверху в таких почвах сформирован насыпанный карбонатный пахотный горизонт (Горохова и др., 2018а, 2018б). На рисунках 5 и 6 представлено, как выглядят орошаемые почвы на Светлоярском ОУ и ОУ Червленое в настоящее время. Названия почв приведены по классификации почв 1977 и 2004 гг. (Классификация ..., 1977, 2004).

Другим важным фактором антропогенного воздействия на орошаемые почвы является самомелиорация солонцовых почв. Самомелиорация орошаемых солонцовых почв основана на разрушении и смешивании солонцовых горизонтов, содержащих в ППК обменный натрий, с подсолонцовыми, в которых сосредоточены почвенные запасы карбонатов и гипса. Для этого используют различные виды мелиоративной вспашки: ярусную, плантажную, глубокую безотвальную с рыхлением подпахотного слоя.

Выбор вида вспашки определяется мощностью солонцовых и солевых горизонтов, глубиной их залегания, величиной содержания гипса, карбонатов, легкорастворимых солей, обменного натрия. Оптимальная глубина вспашки – 45-50 см. Мелиоративные вспашки целесообразно совмещать с внесением химических мелиорантов и органических удобрений: гипс, навоз, компост, посев и заплата сидератов (Зимовец, 1991).

В результате воздействия таких мощных антропогенных факторов, как планировка полей, мелиорация солонцов и полив, происходит окарбоначивание профиля орошаемых почв. Помимо планировок и пахоты, приводящих к поступлению карбонатов в верхние слои почвы, здесь присутствует и процесс ирригационного окарбоначивания, который был ранее выявлен рядом авторов (Барановская, Азовцев, 1981; Сиземская, 2013).

Процесс окарбоначивания отмечается в почвах на территории всех орошаемых участков Светлоярской ОС. Максимум карбонатов, наблюдающийся в целинных условиях на глубине 40-60 см, при орошении перемещается на глубину 25-30 см и выше (рис. 7).

По результатам наших исследований, на Светлоярском ОУ количество карбонатов (CaCO_3) по горизонтам варьирует от 0.6 до 12% (максимум 18%) и орошаемые почвы классифицируются как слабо карбонатные, в основном карбонатные и отчасти средне карбонатные (Горохова и др., 2019), согласно описанию почв ФАО (Guidelines ..., 2006; Руководство ..., 2012).

Известно, что в условиях орошения содержание токсичных солей в почвенном слое зависит от УГВ. На орошаемых полях на первом этапе развития орошения почти повсеместно идет подъем УГВ со скоростью 0.3-1.5 м в год. Через 10-30 лет после начала

ирригации грунтовые воды часто достигают критического уровня, при котором нарушается устойчивость почв. При близком уровне залегания пресных грунтовых вод начинается переувлажнение, заболачивание, ухудшается водно-воздушный режим. При уровне залегания грунтовых вод выше 2 м формируется гидроморфный режим, при глубине 2-5 м – полугидроморфный. Значительная часть этих почв подвергается вторичному засолению. Вторичное засоление – наиболее распространенное отрицательное явление при орошении почв аридных территорий, которое определяется запасами солей в почвах и грунтовых водах, плохой дренированностью территории и зонально-климатическими особенностями. Критическая глубина залегания грунтовых вод для почв юга степной и полупустынной зон составляет 2-2.5 м при минерализации больше 5-7 г/л (Минашина, 1978; Зайдельман, 1993; Oster et al., 1992).

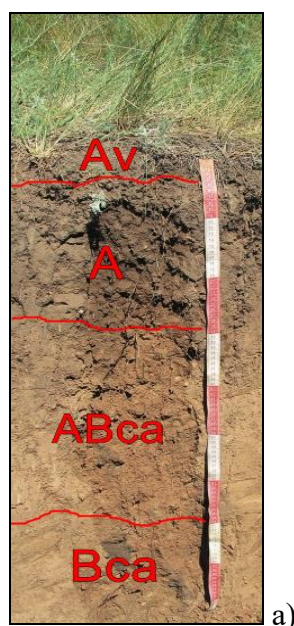


Рис. 5 а. Лугово-каштановая почва в сухой степи (Национальный атлас ..., 2011). *Условные обозначения:* Av – гумусовый задернованный горизонт, А – гумусовый, АВса – переходный карбонатный, Вса – карбонатный.

Fig. 5 a. Meadow chestnut soil in the dry steppe (Национальный атлас ..., 2011). *Legend:* Av – humus turf soils horizon, А – humus, АВса – transitional carbonate, Вса – carbonate.

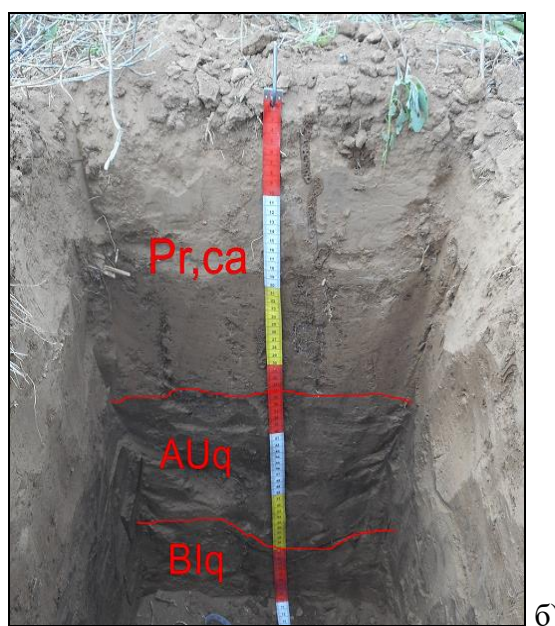
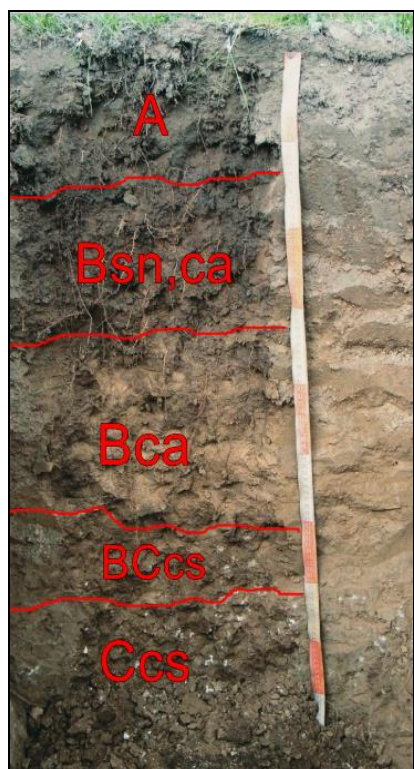


Рис. 5 б. Изменения лугово-каштановой почвы: почва (в 1977 г.) – бывшая лугово-каштановая, с насыпным пахотным карбонатным горизонтом, орошаемая, среднесуглинистая на среднехвалынских отложениях; почва (в 2004 г.) – агрозем стратифицированный карбонатный на погребенном глинисто-иллювиальном черноземе среднесуглинистая на среднехвалынских отложениях (ОУ Светлоярский). *Условные обозначения:* Pr, ca – агрогумусовый стратифицированный карбонатный, AUq – темногоумусовый квазиглееватый, BIq – глинисто-иллювиальный квазиглееватый.

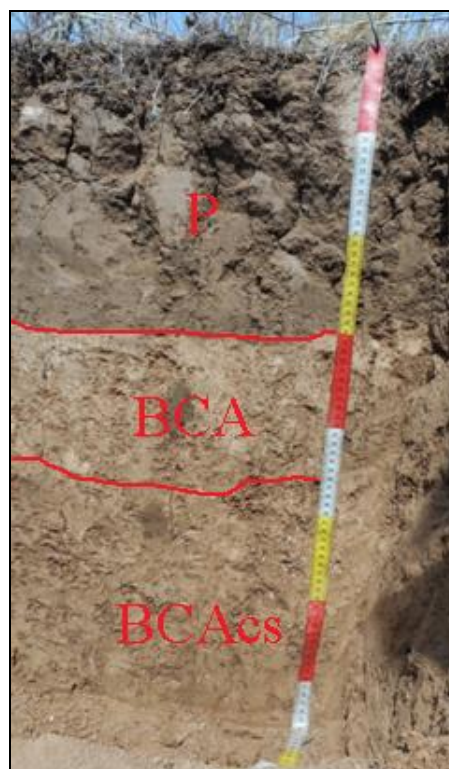
Fig. 5 б. The changes of meadow chestnut soil: 1977 – a former meadow chestnut soil, with a piled arable calcareous horizon, irrigated, medium loamy on middle Khvalyn deposits, 2004 – stratified calcareous agrozem on the buried medium loamy clay-illuvial chernozem on middle Khvalyn deposits (Svetloyarsk irrigated plot). *Legend:* Pr, ca – agrohumus stratified carbonate, AUq – dark-humus quasi-gleyey, BIq – clayey-illuvial quasi-gleyey.



а)

Рис. 6 а. Светло-каштановая солонцеватая почва в сухой степи (Национальный атлас ..., 2011). *Условные обозначения:* А – гумусовый горизонт, Bsn,ca – солонцеватый карбонатный, Bca – карбонатно-иллювиальный, BCcs – глубокогипсовый, Ccs – глубокогипсовая глинистая почвообразующая порода.

Fig. 6 a. Light brown solonchak chestnut soil in the dry steppe (Национальный атлас ..., 2011). *Legend:* A – humus soil horizon, Bsn,ca – solonchak carbonate, Bca – carbonate-illuvial, BCcs – deep-gypsum, Ccs – deep-gypsum clayey soil-forming rock.



б)

Рис. 6 б. Изменения светло-каштановой солонцеватой почвы: в 1977 г. – бывшая светло-каштановая почва, старопашотная, высококарбонатная, высокозагипсованная, среднесуглинистая на лессовидных суглинках; в 2004 г. – агрозем аккумулятивно-карбонатный, гипсосодержащий, среднесуглинистый на лессовидных суглинках (ОУ Червленое). *Условные обозначения:* Р – агрогумусовый, BCA – аккумулятивно-карбонатный, BCAscs – аккумулятивно-карбонатный гипс-содержащий.

Fig. 6 б. The changes of light chestnut solonchak soil: 1977 – former light-chestnut soil, old-arable, highly calcareous, strongly gypsified, medium clay loamy soil on loesslike loams, 2004 – accumulative-calcareous agrozem, gypsum-containing, medium-loamy on loesslike loams (Chervlenoye irrigated plot). *Legend:* P – agrohumus, BCA – accumulative-carbonate, BCAscs – accumulative-carbonate gypseous.

Одним из неблагоприятных явлений при ирригации почв юга степной и полупустынной зон является содопроявление в грунтовых водах и почвах, приводящее к осолонцеванию почв. Причины появления соды при орошении почв солонцовых комплексов связаны с возникновением соды в результате обменных реакций и выноса натрия из почвенного поглощающего комплекса (Зимовец, 1991).

Как отмечалось выше, на Светлоярской ОС за годы эксплуатации к 1990-м годам произошла трансформация условий почвообразования: почвы из ирригационно-

автоморфных условий ($УГВ > 5$ м), перешли на части территории к ирригационно-гидроморфным условиям ($УГВ < 3$ м). Подъем минерализованных грунтовых вод при орошении привел к возникновению очагов вторичного засоления. В результате в 90-х годах на Светлоярском орошаемом участке $УГВ$ находился на глубине 3-5 м, а на участках Райгородском и Червленом составлял от 3 до 1.5 м, т.е. был критическим.

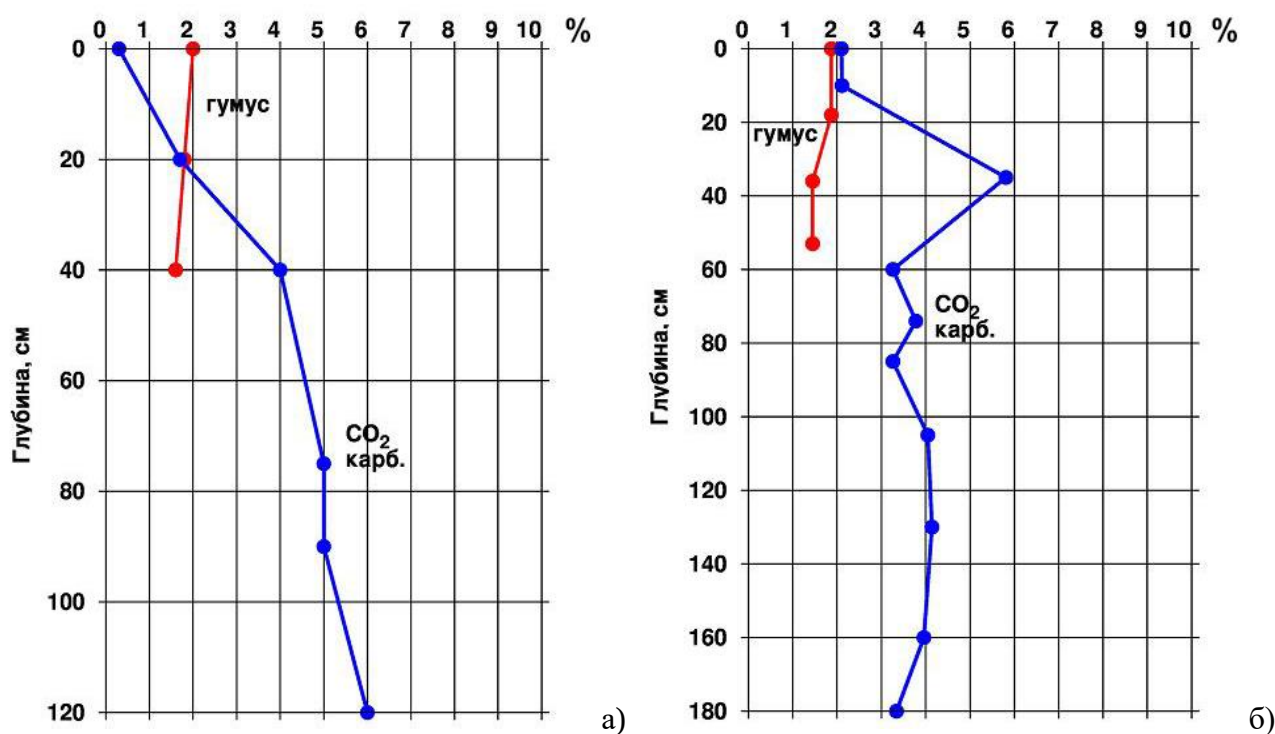


Рис. 7 а, б. Содержание карбонатов и гумуса в почвах: а) светло-каштановой солончаковой почве сухой степи, на целине (Национальный атлас ..., 2011); б) измененной светло-каштановой солончаковой почве (в 1977 г. почва была бывшая светло-каштановая, орошаемая карбонатная глубокосолончаковатая маломощная пахотная среднесуглинистая на морских отложениях, а в 2004 г. стала агроземом аккумулятивно-карбонатным сегрегационным глубокогипсосодействующим, глубокосолончаковатым (Светлоярский ОУ)).
Fig. 7 а, б. The content of carbonates and humus in soils: а) light chestnut solonchak, dry steppe, virgin soil, (Национальный атлас ..., 2011); б) transformed light chestnut solonchakous soil (1977 – former light-chestnut soil, irrigated calcareous deep solonchakous arable medium-loamy with low thickness on marine deposits, 2004 – accumulative-calcareous agrozem, segregated with deep gypsum occurrence, deeply solonchakous (Svetloyarsk irrigated plot)).

В настоящее время $УГВ$ после 45-50 лет орошения на всех участках находится на глубине 5 и ниже 5 м. Это связано с тем, что в результате спада экономики в конце прошлого столетия произошло забрасывание части полей и, как следствие, снижение объемов поливов, что привело к понижению уровня грунтовых вод. Длительный процесс снижения $УГВ$ на Светлоярском ОУ, где за весь период орошения не было создано критических гидрогеологических условий, способствовал рассолению почв с преимущественным перемещением легкорастворимых солей из слоя 0-50 см в слой глубже 100 см, хотя встречаются почвы, где токсичные соли еще сохраняются на глубине 50-100 см. Поддержанию процесса рассоления почв способствует не только пониженный $УГВ$, но и применяемые в настоящее время более низкие нормы орошения, а также наличие

супесчаных и песчаных прослоек на глубине 100-150 см в почвах, препятствующих капиллярному подъему воды и солей (рис. 8).

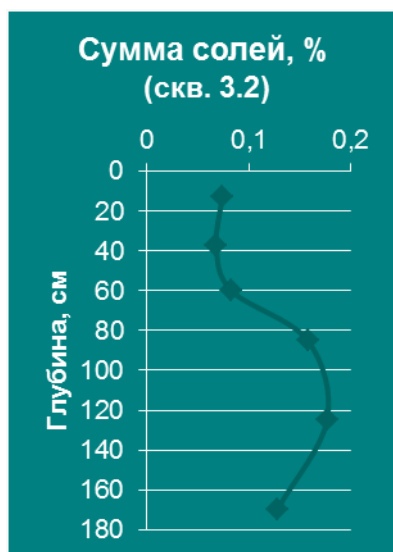


Рис. 8. График распределения солей на длительно орошаемых почвах при УГВ > 5 м (Светлоярский ОУ).

Fig. 8. The plot of salts distribution on long-term irrigated soils with ground water level > 5 m (Svetloyarsk irrigated plot).

На ОУ Червленое и Райгородский, где в 90-х годах прошлого столетия наблюдался подъем УГВ выше критического и возникновение очагов вторичного засоления в сильной и средней степени, сегодня при длительном периоде УГВ ниже 5 м (в результате снижения объемов поливов из-за забрасывания части полей) также наблюдается рассоление почв с поверхности до глубины 50-100 см. Сохранившееся во втором полуметре засоление почв является остаточным. Преобладает слабая и средняя степень преимущественно хлоридно-сульфатного состава солей. Кроме того, практически повсеместно на ОУ Червленое наблюдается ощелачивание почв на глубине 50-60 см с вариабельностью токсичной щелочности до 1.6 смоль(экв.)/кг.

Таким образом, антропогенное воздействие орошения на свойства солонцовых почв Светлоярской ОС привело к изменению почв из-за таких мелиоративных мероприятий, как планировка полей (срезка с повышений микро- и мезорельефа и насыпка в понижения срезанного материала), гипсование солонцов, плантажная вспашка, последующая ежегодная обработка и

орошение в течение пяти десятилетий. Радикальные изменения претерпели солонцы, где солонцовые горизонты почв были полностью срезаны. Планировка, распашка и длительный период орошения привели также к окарбоначиванию орошаемых почв с поверхности.

Орошение почв солонцовых комплексов в условиях низкой культуры земледелия привели к возникновению очагов вторичного засоления к середине 80-х годов XX века. После спада экономики в 90-х годах прошлого столетия произошло забрасывание части полей и, как следствие, снижение объемов поливов, которое привело к понижению УГВ. В настоящее время на территории Светлоярской ОС при длительном периоде понижения грунтовых вод (УГВ > 5 м) установлено смещение солей вниз по профилю. Засоленность почв проявляется часто глубже метра и имеет преимущественно слабую или среднюю степень засоления с преобладанием хлоридно-сульфатного химизма, т.е. орошаемые почвы через 45-50 лет вступили в фазу глубокого рассоления. Важной и не до конца решенной проблемой является ощелачивание почв при орошении и возможность проявления вторичного осолонцевания.

Выводы

Приведенный обзор литературы, а также собственные исследования авторов позволяют сделать некоторые выводы.

1. На территории юга России почвы солонцовых комплексов, в том числе орошаемые, распространены достаточно широко, однако сведения о площадях их распространения в настоящее время требуют уточнения на основе современных методов картографирования.

2. Несмотря на многолетнюю историю изучения структуры почвенного покрова солонцовых территорий, проблема генезиса солонцовых комплексов и тренда их развития в

природных условиях остается нерешенной. На сегодня очевидно, что структура почвенного покрова солонцовых территорий в разных геоморфологических условиях имеет разное строение и разную направленность развития. При этом показано, что формирование солонцовых комплексов трехкомпонентного строения связано с перемещением солей от почв западин к солонцам, расположенным на буграх. Вопрос о развитии солонцовых комплексов в условиях отсутствия четко выраженного микрорельефа остается открытым.

3. Антропогенное влияние на развитие почв солонцовых комплексов в богарных условиях зависит от глубины распашки. При глубокой мелиоративной распашке происходит разрушение солонцового горизонта и резкое изменение профиля солонцов, которое приводит к изменению направленности почвенных процессов. Проблема трендов развития почв солонцовых комплексов подробно изучалась сотрудниками Почвенного института на территории Волгоградской, Астраханской областей и Калмыкии. Полученные данные свидетельствуют о глубокой трансформации почвенного профиля при полном разрушении солонцового горизонта. В условиях богары наблюдается проявление окарбоначивания и ощелачивания почв на фоне выноса легкорастворимых солей из верхних горизонтов солонцов.

4. В условиях первых 20 лет лесомелиорации (по данным Джаныбекского стационара) в результате снегонакопления наблюдается промачивание и рассоление почв, но возрастание минерализации грунтовых вод приводит к засолению почв межполосных пространств.

5. Орошение почв солонцовых комплексов приводит к существенной перестройке профиля почв, связанного с планировкой полей, мелиорацией солонцов и длительностью периода орошения. В условиях низкой культуры орошения при подъеме УГВ проявляется вторичное засоление, приводящее к потере плодородия почв. Однако в условиях длительного периода снижения УГВ происходит постепенное рассоление на фоне окарбоначивания орошаемых почв. Важной и не до конца решенной проблемой является ощелачивание почв южных регионов при распашке и особенно при орошении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д. 1985. Формирование микрорельефа и комплексного почвенного покрова в полупустыне Северного Прикаспия как результат жизнедеятельности малого суслика // Млекопитающие в наземных экосистемах. М.: Наука. С. 224-249.
- Абатуров Б.Д. 2007. Плотность почвы как фактор формирования микрорельефа в полупустыне северного Прикаспия // Почвоведение. № 7. С. 140-148.
- Абатуров Б.Д., Зубкова Л.В. 1972. Роль малых сусликов (*Citellus pygmaeus* Pall.) в формировании западного микрорельефа и почв в Северном Прикаспии // Почвоведение. № 5. С. 59-67.
- Абдумаликов Е., Матвеев В.М., Рябенко С.А. 1986. Влияние [на водно-солевой режим солонцов] звеньев кормовых севооборотов на фоне последствий мелиоративных вспашек в темно-каштановой подзоне Актюбинской области // Мелиоративное освоение солонцовых земель в зоне каштановых почв Казахстана. Алма-Ата. С. 22-33.
- Антипов-Каратаев И.Н. 1953. Вопросы происхождения и географического распространения солонцов СССР // Мелиорация солонцов в СССР. Ч. 1. М.: Наука. С. 11-269.
- Антипов-Каратаев И.Н., Пак К.П., Шматкин В.Ф. 1966. Опыты по мелиорации солонцов в условиях богары на Ергенях // Земледельческое освоение полупустынных земель. М.: Наука. С. 7-21.
- Бабушкин В.М. 1980. Способы обработки целинных солонцов // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград.

С. 17-18.

- Бабушкин В.М., Баранов А.И.* 2007. Мелиорация темно-каштановых солонцовых почв южного региона России. Новочеркасск. 211 с.
- Базилевич Н.И.* 1965. Геохимия почв содового засоления. М.: Наука. 351 с.
- Базовые шкалы свойств морфологических элементов почв. 1982. Методическое руководство по описанию почв в поле. М. 55 с.
- Базыкина Г.С.* 1974. Водный режим и водный баланс мелиорируемых почв в культурных биогеоценозах // Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука. С. 63-146.
- Базыкина Г.С.* 1983. Влагопотребление и мелиорирующее влияние древесных кустарников на почвах солонцового комплекса в Северном Прикаспии // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Гидрологические факторы плодородия почв. М. С. 28-36.
- Базыкина Г.С., Оловянная И.Н.* 1966. Мелиоративное влияние системы лесных полос на разных этапах ее функционирования в полупустыне Северного Прикаспия // Почвоведение. № 5. С. 679-688.
- Барановская А.В., Азовцев В.И.* 1981. Влияние орошения на миграцию карбонатов в почвах Поволжья // Почвоведение. № 10. С. 17-26.
- Барановская А.В., Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Авертянова О.В.* 1988. Роль различных фракций ила в прогнозе изменения черноземов при орошении // Почвоведение. № 1. С. 84-93.
- Беликова С.В.* 1980. Влияние мелиоративных обработок на повышение плодородия солонцов засушливой зоны Ставрополя // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград. С. 47-49.
- Беликова С.В.* 1982. Влияние глубокой вспашки и фосфогипса на солевой состав луговых солонцов // Основные пути повышения плодородия почв Ставрополя. Ставрополь. С. 91-96.
- Березин Л.В.* 1993. Теоретические основы и опыт химической мелиорации почв гидроморфных солонцовых комплексов лесостепной зоны Западной Сибири. Дисс. ... док. с-х. наук в форме науч. докл. М. 80 с.
- Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. 1974. М.: Наука. 360 с.
- Бирюкова А.П.* 1962. Влияние орошения на водный и солевой режим почв южного Заволжья. М.: Изд-во АН СССР. 267 с.
- Богдан В.С.* 1900. Отчет Валуйской сельскохозяйственной опытной станции. СПб. 128 с.
- Большаков А.Ф.* 1950. Водный режим почв комплексной степи Каспийской низменности // Труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Т. 32. Материалы по изучению водного режима почв. С. 369-396.
- Большаков А.Ф.* 1952. Опыт мелиорации солончаковых солонцов северо-западной части Прикаспийской низменности // Труды Комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: Изд-во АН СССР. Т. II. Вып. 3. С. 64-100.
- Большаков А.Ф.* 1973. Разнообразие солонцов и особенности их мелиорации // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. Вып. IV. С. 6-13.
- Большаков А.Ф.* 1974. Природные биогеоценозы и условия их существования // Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука. С. 6-35.
- Большаков А.Ф.* 1975. Изменение почвообразовательного процесса в солончаковых солонцах при искусственном нарушении их профиля // Почвоведение. № 10. С. 86-96.
- Большаков А.Ф., Боровский В.М.* 1937. Почвы и микрорельеф Каспийской низменности (по материалам Джаныбекского стационара Почвенного института Академии наук СССР) //

- Солонцы Заволжья. М.-Л.: Изд-во ВАСХНИЛ. С. 134-169.
- Большаков А.Ф., Ротов М.А.* 1977. Пути богарного освоения земель севера Прикаспийской низменности // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Почвенное районирование Прикаспийской низменности и перспективы ее сельскохозяйственного использования. М. С. 169-178.
- Болышев Н.Н.* 1972. Происхождение и свойства почв полупустынь. М.: Изд-во МГУ. 195 с.
- Будина Л.П.* 1964. Типы солонцовых комплексов // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика / Ред. Е.Н. Иванова. М.: Наука. С. 196-258.
- Брюховецкий В.М., Илларионов В.В.* 1982. Водный режим солонцовых комплексов юго-востока Ростовской области в зависимости от способов мелиоративной обработки // Пути повышения плодородия солонцовых и эродированных почв. Персиановка. С. 21-31.
- Вадюнина А.Ф.* 1970. Агрофизическая и мелиоративная характеристика каштановых почв юго-востока Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ. 326 с.
- Вомперский С.Э., Оловянникова И.Н., Базыкина Г.С., Сапанов М.К., Сиземская М.Л.* 2000. Основные итоги биогеоценотических исследований и лесомелиорация в полупустыне Северного Прикаспия // Почвоведение. № 11. С. 1305-1317.
- Воропаева З.И.* 1980. Изменение солевого режима и состава ППК при мелиорации солонцов в условиях Западной Сибири // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв. Целиноград. С. 99-101.
- Воропаева З.И., Березин Л.В., Кушнарченко В.С.* 1977. Влияние промерзания и оттаивания почв на динамику солевого режима и состав обменных катионов // Научные труды Омского СХИ. № 162. С. 34-38
- Васильев Н.* 1990. Мелиорация земель – мощное средство повышения продуктивности земледелия // Международный сельскохозяйственный журнал. № 6. С. 2-8.
- Габченко (Конюшкова) М.В.* 2008. Современное состояние засоленности почв солонцового комплекса района Джаныбекского стационара (Северный Прикаспий) // Почвоведение. № 3. С. 360-370.
- Гаврилов А.М., Процько М.Т., Герасимов Ю.А.* 1985. Влияние мелиораций на процессы засоления, рассоления и рассолонцевания почв // Сборник научных трудов Волгоградского СХИ. Т. 90. С. 38-45.
- Гедройц К.К.* 1955. Избранные сочинения. М.: Сельхозгис. Т. 1. 553 с.; Т. 2. 616 с.
- Геннадиев А.Н.* 1990. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во МГУ. 227 с.
- Горохова И.Н., Авдеева Т.Н., Панкова Е.И., Прокопьева К.О.* 2019. Почвенно-агрохимическая характеристика Светлоярского орошаемого участка в Волгоградской области // Аридные экосистемы. Т. 25. № 1. С. 48-59.
- Горохова И.Н., Панкова Е.И.* 1997. Метод дистанционного контроля за состоянием орошаемых земель юга России // Аридные экосистемы. Т. 3. № 5. С. 26-34.
- Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Прокопьева К.О.* 2018а. Засоленность почв Светлоярского орошаемого массива в Волгоградской области в 2010-х годах // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. Вып. 93. С. 75-93.
- Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харланов В.А.* 2018б. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // Почвоведение. № 8. С. 1-18.
- Горячкина И.В., Салтагарова И.А.* 1986. Правильность и воспроизводимость визуального определения состава морфонов в почвах солонцового комплекса после мелиоративной обработки // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Генезис и мелиоративное освоение почв солонцовых территорий. М. С. 58-66.
- Грачев В.А., Корнблум Э.А.* 1982. Кинетика набухания и набухаемость почв солонцовых комплексов и солодей Заволжья // Почвоведение. № 1. С. 55-66.

- Дараб К. 1980. Ионная структура почвенных растворов и ее влияние на образование и свойства засоленных почв // Почвоведение. № 1. С. 69-77.
- Дегтярева Е.Т. 1980. О роли геохимического фактора в процессе рассолонцевания солонцов // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград. С. 38-41.
- Дегтярева Е.Т. 1988. К вопросу о солонцеобразовании и рассолонцевании солонцов семиаридной зон // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Физикохимия почв и их плодородие. М. С. 104-110.
- Дегтярева Е.Т. 1992. Мелиорация солонцов научные основы // Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии. Пушино. С. 108-116.
- Дегтярева Е.Т., Дягилева Н.М., Панкова А.Д. 1991. Влияние химических мелиорантов на гумусовое состояние и физико-химические свойства солонцовых почв Нижнего Поволжья // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Теоретические основы мелиорации и опыт использования солонцовых почв. М. С. 179-183.
- Дегтярева Е.Т., Жулидова А.И. 1970. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское издательство. 319 с.
- Димо Н.А., Келлер Б.А. 1907. В области полупустыни. Саратов. 215 с.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С. 2004. География почв. М.: Колос. 458 с.
- Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
- Доценко В.М., Никулина А.Ф. 1985. Агрономическая оценка технологии мелиоративной обработки солонцовой почвы // Труды Целиноградского сельскохозяйственного института. № 64. С. 32-40.
- Дьяконова А.А. 1962. Солевой и пищевой режимы осваиваемых солонцов Северной Кулунды (под влиянием обработки) // Труды Биологического института Сибирского отделения АН СССР. Вып. 9. С. 107-117.
- Егоров В.В. 1967. Солевые аномалии в профиле степных солонцов и их причина // Почвоведение. № 5. С. 108-114.
- Елецкий В.И. 1981. Мелиорация старопахотных и целинных солонцов // Земледелие. № 5. С. 54-56.
- Елизаров В.Н. 1989. Изменение свойств и влажности луговых солонцов в полевом севообороте // Научно-технический бюллетень СибНИИ земледелия и химизации сельского хозяйства. Вып. 4. С. 12-26.
- Елизарова Т.Н. 1978. Режим солей и обменного натрия в высоком солонце на фоне гипсования и орошения. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 18 с.
- Еремченко О.З. 1997. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь: Изд-во Пермского Университета. 317 с.
- Еськов А.И. 1982. Основные приемы мелиорации и использования солонцов // О мерах по освоению солонцовых земель в Казахской ССР. Алма-Ата. С. 90-100.
- Еськов А.И. 1986. Технологические основы мелиорации и использования солонцов Северного Казахстана // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Пути повышения продуктивности солонцовых земель». Новосибирск. С. 63-65.
- Зайдельман Ф.Р. 1993. Экологическая защита мелиорируемых почв и агроландшафтов // Почвоведение. № 1. С. 5-12.
- Засоленные почвы России. 2006 / Ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. М.: ИКЦ «Академкнига». 854 с.
- Зимовец Б.А. 1991. Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: ГОСНИТИ. 247 с.
- Иванова Е.Н. 1939. Генезис и эволюция засоленных почв в связи с географической средой // Почвы СССР. Т. 1. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 349-403.

- Иванова Е.Н., Фридланд В.М. (при участии Ерохиной А.А.) 1954. Почвенные комплексы сухих степей и их эволюция // Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 162-190.
- Иозефович Л.И. 1928. К вопросу о происхождении микрорельефа и комплексности сухих степей // Природа и сельское хозяйство засушливо-пустынных областей СССР. Воронеж, С. 113-148.
- Калиниченко В.П., Минкин М.Б. 1991. Интенсификация мелиоративного процесса на орошаемых солонцовых комплексных почвах. М.: Изд-во МСХА. 196 с.
- Карта засоления почв России. 2003. М. 1:2500000 / Ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова, А.Ф. Новикова. Электронный вариант составлен Н.Б. Хитровым, Д.И. Руховичем, Н.В. Калининой, Е.С. Крыловой. М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева. 1 л.
- Качественная характеристика и культуртехническое состояние земель Российской Федерации на 01.01.1996. 1996. Роскомзем. 141 с.
- Кизяков Ю.Е. 1985. Изменение почв зоны сухих степей Украинской ССР при длительном воздействии мелиорации. Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. М. 64 с.
- Кирюшин В.И. 1976. Солонцы и их мелиорация. Алма-Ата: Кайнар. 174 с.
- Кирюшин В.И., Агеева Р.И. 1988. Рассоление и рассолонцевание почвы при мелиоративных обработках // Интенсификация земледелия и мелиорация солонцов в Северном Кулунде. Новосибирск. С. 3-8.
- Кисляков Л.Ф. 1974. Влияние мелиоративных приемов на водный режим лугово-степных солонцов // Почвы Северного Казахстана и их мелиорация. Целиноград. С. 95-1
- Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Колос. 223 с.
- Ковда В.А. 1937. Солончаки и солонцы М.-Л.: Изд-во АН СССР. 246 с.
- Ковда В.А. 1946-1947. Происхождение и режим засоленных почв. В 2-х томах. М.-Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1. 568 с.; Т. 2. 372 с.
- Козловский Ф.И. 1991. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука. 198 с.
- Константинов М.Д. 1975. Динамика солевого режима корковых солонцов в различных агромелиоративных севооборотах // Труды ВНИИ мясных скотов. Т. 20. Ч. 2. С. 198-205.
- Корнблум Э.А., Любимова И.Н., Турсина Т.В. 1972. Мозаичные почвенные профили и способ их описания // Почвоведение. № 8. С. 145-154.
- Корнблум Э.А., Мясников В.В. 1982. Способ классификации оценки разнообразия солонцовых почв, нарушенных строительными планировками // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Новые методы исследования почв солонцовых комплексов. М. С. 136-146.
- Корнблум Э.А., Сулейманов Г.Г., Валиева К.Э. 1981. Особенности строения и первичная классификация почв солонцовых комплексов, измененных мелиоративной вспашкой // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Почвенные и агрохимические исследования с применением ЭВМ. М. С. 106-124.
- Костычев П.А. 1951. Избранные труды / Ред. И.В. Тюрин. М.: Изд-во АН СССР. 668 с.
- Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Хан К.Ю. 1990. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием. М.: Наука. 120 с.
- Кухтеева К.М., Ярмизин Д.В. 1974. Изменение водных свойств и водного режима комплексных солонцовых почв Херсонского Присивашья под влиянием плантажа // Труды Кишиневского СХИ. Т. 125. С. 82-87.
- Любимова И.Н. 2002. Агрогенная эволюция почв солонцовых комплексов сухостепной зоны // Почвоведение. 2002. №7. С. 892-903.
- Любимова И.Н., Салтагарова И.А., Мотузов В.Я., Горячкина И.В. 1993. Применение

- концепции почвенных морфонов при изучении строения солонцовых почв с нарушенным профилем // Почвоведение. № 2. С. 63-72.
- Максимюк Г.П. 1958. Солевой режим солончаковых солонцов и его изменение при мелиорации // Труды Института леса АН СССР. Т. 38. С. 83-98.
- Мелиорация солонцов в СССР. 1953. М.: Изд-во АН СССР. 563 с.
- Минашина Н.Г. 1978. Мелиорация засоленных почв. М.: Колос. 263 с.
- Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. 1980. М.: Наука. 261 с.
- Можейко А.М. 1964. Солонцовые почвы Южной части Среднего Приднепровья и их культурное освоение. Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Харьков. 50 с.
- Мозесон Д.Л. 1952. Первые итоги изучения микрорельефа комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. Т. 2. Вып. 3. Исследования Джаныбекского стационара. С. 10-33.
- Мозесон Д.Л. 1956. Основные типы западинного микрорельефа Волго-Уральского междуречья и его генезис // Труды института географии. Вып. 69. С. 37-92.
- Мясников В.В. 1975. Водный режим и изменение свойств солонцовых почв Сарпинской низменности // Солонцы и их сельскохозяйственное использование. М. С. 132-143.
- Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011 / Ред. С.А. Шоба. М.: АСТРЕЛЬ-АСТ. 632 с.
- Национальный доклад. 2018. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство). М.: ГЕОС. 357 с.
- Неуструев С.С. 1910. К вопросу о нормальных почвах и зональных комплексах сухих степей // Почвоведение. № 2. С. 45-60.
- Новикова А.В. 1958. О мелиорации солонцов Крыма // Вопросы мелиорации солонцов. М.: Изд-во АН СССР. С. 176-212.
- Новикова А.В. 1999. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины 1890-1996 гг. Киев. 142 с.
- Новикова А.Ф., Габченко (Конюшкова) М.В., Беспалов В.П. 2009. Изменение засоления почв солонцовых комплексов Ергеней в результате длительного антропогенного воздействия // Почвоведение. № 4. С. 391-402.
- Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., Шахотин А.В. 1980. Об эффективности мелиоративной обработки на солонцовых почвах юга Украины // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград. С. 15-17.
- Новикова А.Ф., Конюшкова М.В. 2011. Засоленные почвы восточной части Ергеней // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 67. С. 80-94.
- Новикова А.Ф., Конюшкова М.В. 2013. Антропогенная трансформация почв северных Ергеней (исследования на первом опытном участке Аршань-Зельменского стационара) // Почвоведение. № 3. С. 268-281.
- Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Контобойцева А.А. 2012. Изменения свойств солонцов Приергенинской равнины Калмыкии в условиях лесомелиорации в результате длительного антропогенного воздействия // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. Вып. 69. С. 88-99.
- Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Новикова Н.М., Климанов А.В., Вышивкин А.А. 2010. Засоление почв и растительность солонцовых комплексов северной Калмыкии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1 (41). С. 51-65.
- Новикова А.Ф., Морякова Л.А. 1980. Опыт мелиорации солонцов каштановой зоны

- Казахстана // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград. С 27-29.
- Окорков В.В. 1994. Солонцы и их коллоидно-химическая природа. Владимир. 240 с.
- Оловянникова И.Н. 1996. Влияние насаждений вяза приземистого на водно-солевой режим черноземовидных почв депрессий Прикаспийской полупустыни // Лесоведение. № 3. С. 30-41.
- Онуфриев А.Ф. 1973. Изменение состава водорастворимых солей при мелиорации солонцов // Новое в мелиорации солонцов. Омск. С. 174-175.
- Орлов Д.С., Лозановская И.Н., Николаева С.А. 1990. Химические процессы в орошаемых мелиорируемых почвах. М.: Изд-во МГУ. 96 с.
- Пак К.П. 1953. Опыты по мелиорации солонцов на стационаре (схемы опытов; севообороты и поливы) // Мелиорация солонцов в СССР. М.: Наука. Ч. 2. Гл. III. С. 302-307
- Пак К.П., Новикова А.Ф., Гололобова А.В. 1975. Опыт мелиорации солонцов темно-каштановой подзоны Кустанайской области // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Солонцы и их сельскохозяйственное использование. М. С. 171-184.
- Палий С.М., Тарасов В.В., Земляной Ф.Ф. 1979. Изменение водно-физических свойств солонцовых почв под действием различных мелиоративных обработок // Сборник научных трудов ЮжНИИГим. Вып. 40. С. 104-108.
- Панкова Е.И., Новикова А.Ф. 2002. Карта засоления почв России // Почвоведение. № 7. С. 817-831.
- Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Павлов В.А. 2008. Общие вопросы генезиса и географии почв солонцовых комплексов // Генезис и мелиорация почв солонцовых комплексов / Ред. Н.И. Панов. М.: РАСХН. С. 8-12.
- Панов Н.И. 2008. Причины комплексности почвенного покрова аридных территорий // Генезис и мелиорация почв солонцовых комплексов. М.: РАСХН. С. 13-17.
- Панов Н.П., Коковина Э.И., Азнабеков Т.А. 1967. Солонцы Прииртышья и их освоение // Известия ТСХА. Вып. 6. С. 126-135.
- Панов Н.П., Петров Л.Н. 1987. Мелиоративное улучшение солонцовых почв на примере Ставропольского края // Достижения сельскохозяйственной науки. М. С. 137-152.
- Панфилов В.П. 1962. Изменение водного режима среднестолбчатых солонцов Барабы при их освоении // Труды Биологического института Сибирского отделения АН СССР. Вып. 9. С. 44-62.
- Полевой определитель почв России. 2008. М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева. 182 с.
- Польский М.Н. 1958. Водный режим целинных и мелиорируемых солончаковых солонцов // Труды института леса АН СССР. Т. 38. С. 73-82.
- Попов А.А., Червонец И.И., Попов А.А. 1981. О вторичном осолонцевании и содовом засолении хлоридных солонцов при орошении // Почвоведение. № 1. С. 118-127.
- Почвенные ресурсы России. 2010. М.: ГЕОС. 121 с.
- Приходько В.Е. 1996. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект. 179 с.
- Приходько В.Е., Соколова Т.А. 1988. Влияние орошения на глинистый материал темно-каштановых почв Заволжья // Почвоведение. № 1. С. 62-71.
- Рекомендации по мелиорации солонцовых земель. 1983. М.: Колос. 46 с.
- Роде А.А. 1953. К вопросу о происхождении микрорельефа Прикаспийской низменности // Вопросы географии. Сб. 33. С. 249-260.
- Роде А.А., Польский М.Н. 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Т. 56. Почвы полупустыни Северо-

- Западного Прикаспия и их мелиорация (по работам Джаныбекского стационара). М.: Изд-во АН СССР. С. 3-214.
- Розанов Б.Г. 1975. Генетическая морфология почв. М.: Изд-во МГУ. 293 с.
- Розмахов И.Г. 1940. К вопросу о возникновении и развитии солонцовых комплексов // Труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Т. XXII. Вып. 1. С. 31-89.
- Розов Н.Н., Булгаков Д.С. 1982. Агромелиоративное районирование солонцовых территорий СССР и агромелиоративная группировка солонцов и солонцеватых земель // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв. Целиноград. С. 27-38.
- Ружек Л. 1983. Динамика изменения биомассы почвенных микроорганизмов в течении вегетационного периода // Сборник докладов VIII Международного симпозиума «Доклады о гумусе / Humus et planta». Прага. Т. 2. С. 429-435.
- Руководство по описанию почв. 2012. Рим. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. 101 с.
- Рычагов Г.И. 2011. Колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, прогноз // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. № 2. С. 4-12.
- Рябова Т.Н. 1972. Солевой режим корковых и среднестолбчатых солонцов Барабинской низменности при их освоении. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 29 с.
- Сабольч И. 1980. Процессы засоления и осолонцевания почв // Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. М.: Наука. С. 9-39.
- Салпагарова И.А. 1988. Изменение морфологического строения солонцов в результате обработки мелиоративными орудиями // Почвы солонцовых территорий и методы их изучения. М. С. 41-51.
- Самбур Г.Н., Дробот В.И. (при участии Янкулиной Ф.Д.). 1958. Солонцы сухой степи Украины и их улучшение методом плантажной вспашки // Вопросы мелиорации солонцов. М.: Изд-во АН СССР. С. 119-175.
- Санду Г. 1974. Эволюция продуктивности засоленных и солонцовых почв Румынской низменности в период их мелиорации // Труды X Международного конгресса почвоведов. М. Т. X. С. 82-92.
- Сапанов М.К. 2003. Экология лесных насаждений в аридных регионах. М. 245 с.
- Сапанов М.К. 2007. Синхронность изменения уровней Каспийского моря и грунтовых вод в Северном Прикаспии во второй половине XX в. // Известия РАН. Серия географическая. № 5. С. 82-87.
- Сапанов М.К. 2010. Влияние изменения климата на обводненность Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 25-30.
- Свиточ А.А. 2014. Большой Каспий: строение и история развития. М.: Изд-во Московского университета. 272 с.
- Семендяева Н.В. 1985. Солонцы лесостепной зоны Западной Сибири и их мелиорация. Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Харьков. 32 с.
- Семенова-Забродина С.П., Неред З.А. 1960. Пути окультуривания солонцов и каштановых солонцеватых почв юга Украины в неорошаемых условиях // Мелиорация солонцов в черноземной зоне Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР. С. 220-262.
- Сиземская М.Л. 1989. Изменение морфологии и солевого состава почв солонцового комплекса северного Прикаспия под влиянием агролесомелиорации (на примере Джаныбекского стационара). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК. 276 с.
- Сиземская М.Л., Бычков Н.Н. 2005. Солевое состояние лугово-каштановых почв Северного Прикаспия в условиях подъема уровня грунтовых вод // Почвоведение. № 5. С. 543-549.

- Сиземская М.Л., Соколова Т.А., Максимюк Г.П. 1985 (1986). Легкорастворимые соли в целинных и мелиорированных солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Свойства и пути мелиорации засоленных почв. Новочеркасск. С. 9-18.
- Скачков И.В. 1990. Агрофизические свойства мелиорированных солонцов Нижнего Поволжья // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Изменение агрофизических свойств почв под воздействием антропогенных факторов. М. С. 75-83.
- Соколова Т.А., Кулагина Е.К., Максимюк Г.П., Сиземская М.Л. 1988. Карбонаты в целинных и мелиорированных почвах солонцовых комплексов Северного Прикаспия // Микроморфология антропогенноизмененных почв. М.: Наука. С. 88-98.
- Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Сапанов М.К., Толпешта И.И. 2000. Изменение содержания и состава солей в почвах солонцового комплекса Джаныбекского стационара за последние 40-50 лет // Почвоведение. № 11. С. 1328-1339.
- Стародубцева Л.Я. 1989. Мелкие и корковые солонцы сухостепной части Тур-гайского плато и их мелиоративное освоение. Дисс. ... канд. с.-х. наук. М. 283 с.
- Трубецкая А.П. 1971. Водный баланс солонцов Барабы в связи с обработкой // Физика почв Западной Сибири. Новосибирск. С. 121-127.
- Труды Прикаспийской экспедиции. Геоморфология западной части Прикаспийской низменности. 1958. М.: Изд-во МГУ. 238 с.
- Тюленева Л.Б. 1968. Воздействие способов обработки на водный и солевой режимы высоких солонцов // Сборник научных работ Курганского СХИ. Вып. 10. С. 174-181.
- Усов Н.И. 1940. Генезис и мелиорация почв Каспийской низменности. Саратов: Саратовское областное издательство. 439 с.
- Усолкин В.Г. 1980. Водный режим солонцов Центральной Кулунды (в связи с их мелиорацией) // Засоленные почвы Алтая, их свойства и мелиорация. Барнаул. С. 76-78.
- Ульданов Р.К. 1978. Изменения химических свойств солонцов при мелиоративном освоении // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. № 10. С. 28-33.
- Цуканова А.И. 1974. Влияние химической и агробиологической мелиорации на солевой режим солонцов // Труды Волгоградского СХИ. Т. 52. С. 89-92.
- Чапко П.М., Солдатова Е.В. 1980. Обработка луговых солонцовых засоленных почв левобережной лесостепи УССР // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград. С. 49-51.
- Шестаков И.Л., Сувак П.А. 1966. Водный режим степных солонцов Молдавии при их мелиорации // Физика и мелиорация почв Молдавии. Кишинев. Вып. 1. С. 53-86.
- Хитров Н.Б. 1984. Диагностика солонцовых горизонтов // Почвоведение. № 3. С. 31-43.
- Хитров Н.Б. 1994. К методике оценки состояния почв солонцовых комплексов // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Почвы засушливой зоны. М. С. 18-28.
- Хитров Н.Б. 2004. Изменение микрорельефа и почвенного покрова солонцового комплекса за вторую половину XX века // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды. К 100-летию со дня рождения. М.: Товарищество науч. изданий КМК. С. 324-342.
- Хитров Н.Б. 2005. Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. № 3. С. 271-284.
- Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2009. Оценка площадей засоленных почв на территории Европейской части России (по электронной версии карты засоления почв М. 1:2500000) // Почвоведение. № 6. С. 627-637.
- Хитров Н.Б., Чечуева О.А. 1984. Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почвы // Почвоведение. № 2. С. 84-92.
- Элементарные почвообразовательные процессы. 1992. М.: Наука. 186 с.

- Abraham L.* 1974. The reclamation of solonetz soils by genetic horizons // Transaction of 10th International congress of soil Science. Moscow. Vol. X. P. 65-71.
- Abraham L., Bocskai J.* 1971. Szikes talajaink haszositasa es javitasa. Budapest. 135 p.
- Alzubaidi A., Webster G.R.* 1982. Effect of tillage in combination with chemical amendments on reclamation of a solonetzic soil // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 6. No. 4. P. 641-643.
- Ashworth J., Keyes D., Crepin J.-M.* 1999. A comparison of methods for gypsum requirement of brine-contaminated soils // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 79. No. 3. P. 449-455.
- Bennett D.R., Hecker F.J., Entz T., Greenlee G.M.* 2000. Salinity and sodicity of irrigated Solonetzic and Chernozemic soils in east-central Alberta // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 80. No. 1. P. 117-125.
- Cairns R.R., Bowser W.E.* 1980. Les soils solonetziques et leur gestion // Agriculture and Agri-Food Canada Publications. No. 1391. P. 1-39.
- Cairns R.R., Hermans J.C.* 1978. Deep plowing of solonetzic soils // Solonetzic Soil Technology and Management in Alberta. Bull. B-78-J, 2nd Edition. P. 71-81.
- Curtin D.* 2002. Possible role of aluminum in stabilizing organic matter in particle size fractions of Chernozemic and Solonetzic soils // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 82. No. 2. P. 265-268.
- Darab K., Csillag J.* 1986. A model to predict the dissolution of CaSO₄ in soil saturation extracts // Congress of International Society of Soil Science. Hamburg. Vol. 2. P. 271-272.
- Dregne H.E.* 1988 Managing saline water for irrigation. Texas, USA. 618 p.
- Frenkel H., Goertzen J.O., Rhoades J.D.* 1978. Effect of clay type and content exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity // Soil Science Society of America Journal. Vol. 42. No. 3. P. 32-39.
- Guidelines for soil description. 2006. 4th edition. Rome, FAO. 98 p.
- Konyushkova M.V.* 2010. Automatic interpretation of Quickbird imagery for digital soil mapping, North Caspian region, Russia // Digital Soil Mapping: Bridging Research, Environmental Application, and Operation. Springer. P. 103-111
- Krogman K.K., MacKay D.C.* 1980. Horizon mixing in solonetzic and associated soils: effect of draught-stressed barley and wheat // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 60. No. 4. P. 721-729.
- Lavago R.S., Cairns R.R.* 1980. Solonetzic soil properties and yields of wheat, oats and barley as affected by deep plowing and rippling // Soil and Tillage Research. Vol. 1. No. 1. P. 69-79.
- Mathison M.N., Chanasyk D.S., Naeth M.A.* 2002. Longevity of deep ripping effects on Solonetzic and associated soils // The Canadian Journal of Soil Science. Vol. 82. No. 2. P. 259-264.
- McNeal B.L., Coleman N.T.* 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity // Soil Science Society of America, Proceedings. Vol. 30. No. 3. P. 308-312.
- Naghohinen-pour B., Kunze G.W., Carson C.D.* 1970. The effect of electrolyte composition on hydraulic conductivity for certain Texas soils // Soil Science. Vol. 110. No. 2. P. 124-127.
- Oster J.D., Singer M.J., Fulton A., Richardson W., Prichard T.* 1992. Water penetration problems in California soils. University of California. 165 p.
- SRTM 90m DEM Digital Elevation Database [Электронный ресурс <http://srtm.csi.cgiar.org/> (дата обращения)].
- Szabolcs I.* 1989. Salt affected soils. CRC Press, Boca Raton, FL. 274 p.
- Szabolcs I.* 1994. Prospects of soil salinity for the 21st century // Agrokemia es Talajtan. Vol. 43. No. 1-2. P. 5-23.
- Toth T., Jozefaciuk G.* 2002. Physicochemical properties of a solonetzic toposequence // Geoderma. Vol. 106. № 1. P. 137-159.

**PRESENT-DAY TRENDS OF THE SOLONETZIC COMPLEXES SOILS DEVELOPMENT IN
THE DRY-STEPPE AND SEMI-DESERT ZONES IN NATURAL CONDITIONS
AND UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT**

© 2019. Ye.I. Pankova*, I.N. Gorokhova*, M.V. Konyushkova**,
I.N. Lyubimova*, G.S. Bazykina*

**V.V. Dokuchaev Soil Science Institute*

Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskiy Per., 7, Bld. 2. E-mail: g-irina@rambler.ru

***M.V. Lomonosov Moscow State University*

Russia, 119991, Moscow, Leninsky Gory, 1, Bld. 12

Received March 25, 2019. After revision April 18, 2019. Accepted May 08, 2019.

The paper is written by a team of authors who consider the transformation of solonetzic soils under natural conditions and under anthropogenic impact, using a literary review and their own research materials.

The first section of the paper provides general information about the distribution and areas of solonetzic soil complexes in Russia. It was emphasized that data on the areas of distribution of these soils were obtained mainly in the 20 century and now need to be verified (by E.I. Pankova and I.N. Lyubimova).

The second section of the paper is dedicated to the problem of the genesis and heterogeneity of the dry steppe and semi-desert zones soil cover. It is shown that the complexity of the soil cover is not always associated with the modern microtopography. This fact was discovered earlier, which, however, has not obtained an unequivocal explanation yet (author M.V. Konyushkova).

The paper presents a detailed analysis of various types of anthropogenic impact on the soil properties of alkaline complexes. Much attention is paid to the problem of changing alkaline soils in rainfed arable land (author I.N. Lyubimov). As a result of generalization of literary and author's materials, it has been established that the structure of arable, alkaline soils after deep ameliorative plowing varies depending on: 1) profile transformation; 2) the specifics of the duration of use. The meliorative layer of alkaline soils acquires a loose polymorphic composition, and solonetz processes in these soils do not appear. If the solonetz horizon is preserved on rainfed soils, the profile of the solonetz soils will change slightly.

In the conditions of forest melioration (by G.I. Bazykina), it was revealed that in the first years of forest belt functioning and as a result of snow retention, there is a deep soil moistening and their progressive desalinization and dealkalinization. The water supply of crops is improved in the interstrip space. As the forest belts become older, the root systems of trees intercept soil moisture, the moisture supply of crops decreases and the washing of the soil is ceased. During this period, it is proposed to use interstrip spaces for agricultural hayfields.

The use of solonetzic territories under irrigation (by I.N. Gorokhova) causes a complex change in the properties of the soil. As a result of planning and additional moistening, new agrosols are created. At the first stage of irrigation, when groundwater rises, active secondary salinization occurs; in deep groundwater, dealkalinization and decarbonization of the surface horizons are observed.

In the final part of the paper, attention is focused on the solved and unsolved problems associated with the evolution of the solonetzic soils complexes under different anthropogenic impact.

Keywords: solonetzic soils, solonetzic soils, salinized soils, rainfed arable land, irrigation, forest melioration.

DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10032